

공학석사 학위논문

선박조종 시뮬레이터를 이용한 140K 컨테이너선의
부산항의 주요터미널 안전 접·이안을 위한 표준 및
응급 조선행에 관한 연구

A Study of the Standard and Emergency Maneuvering for Safe
Berthing & Unberthing of 140K Container Ships at the Main
Terminals of the Port of Busan



指導教授 鄭 泰 權

2013년 7월

한국해양대학교 대학원

항해학과

강을규

본 논문을 강을규의 공학석사 학위논문으로
인준함.



위원장

김 세 원 (인)

위 원

이 춘 기 (인)

위 원

정 태 권 (인)

2013년 6월 13일

한국해양대학교 대학원

목 차

표 목차	iv
그림 목차	vi
Abstract	ix

제 1 장 서론

1.1 연구의 목적	1
1.2 선행 연구	2
1.3 연구 방법 및 한계	2
1.3.1 연구의 방법	2
1.3.2 실선과 시뮬레이터를 이용한 조선상의 차이	3
1.3.3 연구의 한계	3
1.4 용어의 정의	4

제 2 장 표준 조선법

2.1 기존의 연구	7
2.1.1 부산항의 조선에 관한 연구	7
2.1.2 외국 항만의 조선에 관한 연구	7
2.1.2.1 일본 기타큐슈 간몬항의 LNG 기지의 표준항행 절차	7
2.1.2.2 중국 Ningbo항의 강한 순조류하에서의 대형컨테이너선의 조종성 연구 ..	8
2.1.2.3 일본 시미즈항의 주·야간 도선 난이도 차이에 관한 연구	9
2.2 표준 조선법의 개요	9
2.2.1 상세한 선박조종 계획의 수립	9

2.2.2 안전을 고려한 조선법	10
2.2.3 효율성을 고려한 조선법	10
2.3 표준 조선법의 적용	11
2.4 컨테이너선의 분류 및 모델선박의 제원	12
2.4.1 컨테이너선의 분류	12
2.4.2 모델선박의 제원	14

제 3 장 부산항의 환경

3.1 부산항의 자연환경	15
3.1.1 기상 개요	15
3.1.2 풍향 및 풍속	17
3.1.3 강수	22
3.1.4 안개	23
3.1.5 조석 및 조류	25
3.1.6 태풍	31
3.1.7 파랑	38
3.2 부산항만의 항행여건	39
3.2.1 속력의 제한	39
3.2.2 감속법	40
3.2.3 항로폭 기준	40
3.2.4 예선	42
3.3 항만조선에서의 선체침하	45
3.3.1 항주중 선체침하 및 트림의 변화	45
3.3.2 선체동요에 따른 선체의 침하	50
3.3.3. 선속에 따른 선체침하량	51

제 4 장 시뮬레이터를 이용한 표준 및 응급 조선법

4.1 북항에서의 표준 및 응급 조선법	52
-----------------------------	----

4.1.1	항로의 조건	52
4.1.2	부두의 조건	53
4.1.3	대상 선석	54
4.1.4	대상 선박	54
4.1.5	표준 조선법	54
4.1.5.1	신선대 5번 선석의 입선자세 접·이안 및 출선자세 접·이안	54
4.1.5.2	감만 4번 선석 우현접안 및 이안과 좌현접안 및 이안	69
4.1.6	응급 조선법	77
4.1.6.1	오륙도 방파제 통과직전 정전사태 발생의 경우	77
4.1.6.2	부두 전면에서의 정전사태 발생의 경우	80
4.2	부산신항에서의 표준 및 응급 조선법	80
4.2.1	항로의 조건	80
4.2.2	부두의 조건	81
4.2.3	대상 부두	81
4.2.4	대상 선박	82
4.2.5	표준 조선법	82
4.2.5.1	신항 북컨 13번 선석의 접안 및 이안 조선	82
4.2.5.2	북컨 8번 선석의 접안 및 이안 조선	93
4.2.5.3	남컨 8번 선석의 접안 및 이안 조선	106
4.2.6	응급 조선법	119
4.2.6.1	토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생의 경우	119
4.2.6.2	토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생의 경우	122
4.2.6.3	부두 전면에서의 정전사태 발생의 경우	125
제 5 장	결 론	126
참고 문헌	128

표 목차

<표 2-1> 크기에 따른 컨테이너선의 분류(1세대~8세대)	13
<표 2-2> 포스트 파나맥스 컨테이너선의 치수	13
<표 2-3> 시뮬레이터 선박모델의 제원	14
<표 3-1> 기상 개요	16
<표 3-2> 30년간 월별평년값의 평균풍속(m/s)	18
<표 3-3> 30년간 월별평년값의 월별 최대 풍속(m/s) 및 풍향	19
<표 3-4> 30년간 월별 평년값의 일 최대풍속 계급별 관측일수(일)	19
<표 3-5> 월별 최대순간풍속(m/s) 및 풍향	20
<표 3-6> 월별 평균강수량 및 강수 계속시간	23
<표 3-7> 월별 안개 발생일수	24
<표 3-8> 월별 안개 계속 시간	25
<표 3-9> 부산항 조석의 조화상수	27
<표 3-10> 태풍의 구분	32
<표 3-11> 부산지방의 태풍 관련 최고 기록	33
<표 3-12> 부산지방에 영향을 미친 주요 태풍의 최대 순간풍속(m/s)과 풍향	34
<표 3-13> 평수구역 제9구 내 지점의 평균유의파고(m)	38
<표 3-14> 평수구역 제9구 내 지점의 최대유의파고(m) 및 파향	38
<표 3-15> 부산항 속력제한	39
<표 3-16> 기준에 따른 소요 항로 폭(왕복항로)	41
<표 3-17> 기준에 따른 소요 항로 폭(편도항로)	41
<표 3-18> 예선의 예항력 등급 기준	42
<표 3-19> 접·이안 보조장비를 설치하지 않은 선박	43
<표 3-20> 접·이안 보조장비를 설치한 선박(참고 사항)	44
<표 3-21> 부산항 예선 현황	44
<표 3-22> 선속에 따른 선체침하량	51
<표 4-1> 대상선박 주요 제원	54

<표 4-2> 출선자세와 입선자세 접안의 장단점 비교	64
<표 4-3> 신항 북컨 13번 세 가지 접안의 경우에 대한 장단점 비교	83
<표 4-4> 신항 북컨 8번 좌현접안의 두 경우에 대한 장단점 비교	94
<표 4-5> 신항 북컨 8번 우선회와 좌선회 우현접안의 장단점 비교	100
<표 4-6> 신항 남컨 8번 세 가지 접안의 경우에 대한 장단점 비교	113



그림 목차

<그림 3-1> 30년간 월별 평년값의 평균풍속(m/s)	18
<그림 3-2> 월별 최대 순간풍속(m/s)	20
<그림 3-3> 풍향별 관측횟수의 백분율(%, 전년)	22
<그림 3-4> 월별 평균강수량	23
<그림 3-5> 월별 안개 발생 일수	24
<그림 3-6> 월별 안개 계속 시간	25
<그림 3-7> 부산항 조위도	28
<그림 3-8> 창조시 조류도	30
<그림 3-9> 낙조시 조류도	31
<그림 3-10> 태풍 5914 SARAH의 이동경로(출처 : JMA)	35
<그림 3-11> 태풍 8712 DINAH의 이동경로(출처 : JMA)	35
<그림 3-12> 태풍 9112 GLADYS의 이동경로(출처 : JMA)	36
<그림 3-13> 태풍 8412 JUNE의 이동경로(출처 : JMA)	36
<그림 3-14> 태풍 0314 MAEMI의 이동경로(출처 : JMA)	37
<그림 3-15> Floude 수와 선체침하	47
<그림 3-16> 파와 선체침하	49
<그림 4-1> 부산북항 입출항 제1항로	53
<그림 4-2> 278K DWT 탱커의 선회시험	56
<그림 4-3> 가속선회에 주는 수심영향	57
<그림 4-4> 감속선회에 주는 수심영향	57
<그림 4-5> 신선대 5번 입선자세 접안	58
<그림 4-6> 신선대 5번 입선자세 접안에서 우선회 출항	61
<그림 4-7> 신선대 5번 입선자세 접안에서 우선회 출항	62
<그림 4-8> 신선대 5번 좌선회 출선자세 접안	65
<그림 4-9> 신선대 5번 우선회 출선자세 접안	66
<그림 4-10> 신선대 5번 출선자세 접안에서 출항	68

<그림 4-11> 감만 4번 우현접안	70
<그림 4-12> 감만 4번 우현접안에서 출항	72
<그림 4-13> 감만 4번 좌현접안	74
<그림 4-14> 감만 4번 좌현접안에서 출항	76
<그림 4-15> 오류도 방파제 통과 전 정전상황 발생 시의 비상조치(1)	78
<그림 4-16> 오류도 방파제 통과 전 정전상황 발생 시의 비상조치(2)	79
<그림 4-17> 신항 북컨 13번 우현접안	84
<그림 4-18> 신항 북컨 13번 좌현접안(1)	85
<그림 4-19> 신항 북컨 13번 좌현접안(2)	86
<그림 4-20> 신항 북컨 13번 우현접안에서 출항(1)	88
<그림 4-21> 신항 북컨 13번 우현접안에서 출항(2)	89
<그림 4-22> 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(1)	90
<그림 4-23> 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(2)	91
<그림 4-24> 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(3)	92
<그림 4-25> 신항 북컨 8번 좌현접안(1)	95
<그림 4-26> 신항 북컨 8번 좌현접안(2)	96
<그림 4-27> 신항 북컨 8번 좌현접안에서 출항(1)	98
<그림 4-28> 신항 북컨 8번 좌현접안에서 출항(2)	99
<그림 4-29> 신항 북컨 8번 우선회 우현접안	101
<그림 4-30> 신항 북컨 8번 좌선회 우현접안	102
<그림 4-31> 신항 북컨 8번 우현접안에서 출항(1)	104
<그림 4-32> 신항 북컨 8번 우현접안에서 출항(2)	105
<그림 4-33> 신항 남컨 8번 우현접안	107
<그림 4-34> 신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(1)	109
<그림 4-35> 신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(2)	110
<그림 4-36> 신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(3)	111
<그림 4-37> 신항 남컨 8번 좌선회 좌현접안	114
<그림 4-38> 신항 남컨 8번 우선회 좌현접안	115

<그림 4-39> 신항 남컨 8번 좌현접안에서 출항(1)	117
<그림 4-40> 신항 남컨 8번 좌현접안에서 출항(2)	118
<그림 4-41> 토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생(1)	120
<그림 4-42> 토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생(2)	121
<그림 4-43> 토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생(1)	123
<그림 4-44> 토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생(2)	124



A Study of the Standard and Emergency Maneuvering for Safe Berthing & Unberthing of 140K Container Ships at the Main Terminals of the Port of Busan

by Kang, Weul Koo

Department of Nautical Science
Graduate School of Korea Maritime University



Abstract

Since ship maneuvering involves variable parameters such as shiphandler's ability, ship's dynamic characteristics, condition of harbor and waterway, and weather and/or sea conditions, it is very difficult to standardize or express the maneuvering process numerically and systematically. Nowadays container ships are rapidly increasing in size but the water facilities of channel depth, width etc. do not follow the ship's size properly and timely. As you know, the navigable waters for both the old and new ports of Busan (also known as "The Hub Port of East Asia") have become narrower due to congestive traffic and reclamation, and also become shallower because they have not been dredged at the right time. Therefore, ship maneuvering in the port of Busan is now more difficult than ever before. It is mainly because of

lower under-keel clearance and narrower width of channel. Until now, the practical or actual maneuvering of berthing or unberthing has not been studied. Looking into the New Port of Busan, the port area is restricted because the turning basin and fairway are not separated and new berths are being built.

When many ships are entering or leaving almost at the same time, the accident risk is high because of the interaction between ships and levels of congestion. One example is when an ultra-large container ship is slowing down to approach the berth or turning in front of it to leave. The timely departure from the water area affects the efficiency of port's traffic density and safety.

In view of the above, this paper addresses the standard maneuvering of approaching berths, turning, berthing and unberthing. It also investigates the emergency maneuvering of an engine that has broken down in order to prevent marine accidents. To illustrate the emergency maneuvering procedures, a model container ship of 13,000TEU with a gross tonnage of 140,000 was used. Its draft is more than 15 meters and the under-keel clearance is about 10% of draft. The study used "The Shiphhandling Simulator for Pilots" developed by Korea Maritime Pilots' Association. Through data gathered from this simulation, the author provides recommendations for the standard maneuvering of the No.4 berth of Gamman Terminal and No.5 berth of Shinseondae Terminal in the old port of Busan and the maneuvering of NT-08, NT-13 and ST-08 of the New Port of Busan. He also suggests potential methods for the emergency maneuvering when approaching the Oryukdo Breakwater and Todo Island.

KEY WORDS: standard maneuvering 표준조선; emergency maneuvering 비상조선;
under-keel clearance 선저여유수심; shiphandler's ability 조선자의
능력; ship's dynamic characteristic 선박의 동적 특성

제 1 장 서론

1.1 연구의 목적

오늘날 첨단 과학기술의 발전과 함께 조선 산업의 발달에 따라 컨테이너선의 대형화가 급속히 진행되어 200,000(200K) G/T 선박의 출현이 현실로 다가왔고, 특히 부산신항의 경우 2013년 중반에 M사의 Tripple E급의 기항이 계획되어 있어 거대형 컨테이너선의 조종에 대한 연구가 절실히 필요한 시점에 와 있다.

부산항 및 부산신항 개발의 특징은 매립으로 인하여 가항수역은 협소화되는 반면에 선박은 대형화되면서 흘수가 증가함으로 인하여 점점 더 깊은 수심을 필요로 하게 되었다. 따라서 초대형선들은 출입항선 상호간의 간섭이 증가하고, 심흘수화로 인한 조종성능의 저하와 비상시 대응책의 한계를 드러내는 등의 문제점을 안고 있다.

또한 전반적인 선박 통항량의 증가는 거대형 컨테이너선이 부두전면에서 회두하거나 감속, 접근하는데 소요되는 시간에 따라서 항만의 효율성뿐만 아니라 주변수역의 안전에도 크게 영향을 주고 있다.

따라서 본 연구에서는 항만의 안전과 효율성을 제고하기 위하여 초대형 선박의 조종특성과 주변 여건을 다각도로 고려한 최적의 표준 조선방법을 2D베이스로 개발된 선박조종 시뮬레이터를 이용하여 모색해 보고자 한다. 또한 초대형 선박들이 항만을 입출항 함에 있어서 가장 취약한 항만내의 위치에서 본선의 장비상의 결함이 발생하는 경우를 가상하여 안전하고 회복 가능한 조종의 한계에 대하여 선박조종 시뮬레이터를 활용하여 응급조선에 대응하는 방안에 대하여 제안하고자 한다.

1.2 선행 연구

초대형 선박의 표준 조선법과 긴급상황에 대응하는 응급조선과 관련된 선행 연구에 있어서, 선박조종 실험 및 유체역학에 관한 연구는 상당수 있으나 주로 선박조종 시뮬레이터를 개발하기 위한 표준에 관한 것일 뿐이고, 초대형 선박과 특정한 항만을 대상으로 한 연구는 상당히 드문 것으로 조사되었다.

왜냐하면, 특정항만에서의 초대형 선박에 대한 표준조선과 긴급상황에 대응하는 응급조선은 일반적으로 그 항만의 도선사(Pilot)들에 의하여 이루어지는 도선업무이다. 따라서 이러한 도선은 그 업무의 특성상 개인차가 많으며, 선교 자원 뿐만 아니라 외부의 조력을 포함하여 선체거동에 영향을 주는 외력의 변수가 많고, 상당히 많은 인원이 관련된 협동에 의하여 그 안전성이 성취되므로 정형화, 표준화가 매우 어렵기 때문이다.

1.3 연구 방법 및 한계

1.3.1 연구의 방법

본 연구의 대상선박은 140,000(140K) G/T급 M사의 컨테이너 전용선 B호이다. 이 선박은 최대흘수 15.52미터(m)에 UKC(Under keel clearance)는 10%인 1.55미터를 상정한 수심에서의 선박조종 시뮬레이션을 기반으로 수행한 것이다. M사의 B호는 도선사협회가 주관하여 산학협력으로 개발한 ‘도선사용 시뮬레이터’의 모델선박 중 현재 이용 가능한 최대선형으로 평가되고 있다.

대상 항만인 부산항(북항, 부산신항)의 모든 선석에 대한 시뮬레이션을 수행하는 것은 실행 상 여러 어려움이 따르므로, 본 연구에서는 거대형컨테이너선이 빈번히 출입하는 대표적인 선석 몇 개를 선택하여 안전이 담보되는 범위 안에서 가장 효율적인 조선 방법을 ‘도선사용 시뮬레이터’를 이용하여 모색해 보고자 한다.

선박의 크기가 점진적으로 증가하는 경우에는 실제 선박을 이용한 데이터(Data)의 축적으로 새로운 대형선에 대한 방법을 유추하거나 모색해 볼 수 있

겠으나, 컨테이너선의 경우 그 변화가 급진적으로 대형화되어 온 바 선박조종 시뮬레이터를 이용하여 최적의 조종방법을 탐색해 보는 것이 최선의 방법으로 판단된다 하겠다.

1.3.2 실선과 시뮬레이터를 이용한 조선상의 차이

시뮬레이터 자체의 한계로는 실선과의 조종성능상의 차이 외에, 3차원적인 선박의 운동을 2차원으로 표현함으로써 조선자가 실제 선박을 조종하는 것과 비교하여 상당히 큰 차이를 느낄 수밖에 없는데, 이는 직관적인 정보보다 기계적인 정보에 많이 의존하기 때문이다. 비교하자면 제한 시정에서 레이더 장비와 전자해도를 이용하여 입출항하는 것과 비슷한 조건으로 보인다. 이로 인하여 시뮬레이션이 시간상으로는 유리하지만 난이도상으로는 오히려 어렵다는 것을 알 수 있다. 시간상 유리한 이유는 2D 시뮬레이션 상에서 움직이는 모델선의 선회시 안전거리는 수치로 나타나는 측정에 의존하여 좀 더 빠듯한 선회가 가능할 뿐만 아니라 사고에 대한 위험 부담이 없어 신속한 수행이 가능하지만 실선에서는 안전을 고려한 추가적인 여유(additional margin)를 공간적 및 시간적으로 줄 수밖에 없기 때문이다. 난이도의 차이는 시뮬레이션이 기계적인 정보에 의존하기 때문에 변화에 대한 인식에 시간지체(time-lag) 현상이 생기는 반면, 실선에서의 변화는 즉각적으로 느낄 수 있고 그에 대한 대응도 즉각적으로 가능하기 때문이다.

1.3.3 연구의 한계

본 연구에서는 적절한 거대형 컨테이너선 조종에 하나의 표준을 제시하지만 그것이 절대적 기준이 될 수 없는 분명한 한계를 지닌다. 따라서 이 연구의 내용이 미래에 발생하게 될지도 모를 어떤 초대형 선박의 조종사고에 대한 과실 유무를 판단하는 근거로 사용될 수는 없다고 본다. 왜냐하면, 도선은 매우 주관적인 작업으로서 정형화, 표준화 및 수치화하는 데에는 여러 가지 어려움이 따르기 때문이다. 연구소에서 한 사람의 조선자에 의하여 동일한 조건에서 수행한 수백 번의 조선 중 어느 경우도 항적도가 완전히 일치한 경우가 없다는 것은 익히 알려진 사실이다. 그럼에도 불구하고 본 연구를 진행하는 것은 하나의

예시를 제공하고자 하는데 있고, 여타의 연구에서 보여주듯이 수많은 시도의 평균치로서 하나의 정형을 보여줄 수 있다고 본다.

아쉽게도 현재 개발된 시뮬레이터 상의 모델선박은 140,000 G/T급이 최대선형이어서 최근에 건조되어 운항중인 175,000 G/T급의 선박에 대해서는 본 연구로는 불충분하며, 특히 아직 건조가 진행 중인 200,000 G/T급은 기존의 선박과는 여러 면에서 많은 차이가 있으므로 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.¹⁾

1.4 용어의 정의

본 연구에서 사용될 용어의 의미는 아래와 같으며, 특별히 정의하지 않은 용어들은 IMO 해사용어에 따른다.

- 1) TEU(Twenty foot equivalent unit): 20푸트 크기의 컨테이너로 환산한 컨테이너 적재 개 수.
- 2) LOA(Length over all): 전장(全長) 즉, 선박의 최대 길이(L).
- 3) LBP(Length between perpendicular 수선간장): 선수수선에서 선미수선(타축중심) 간의 거리.
- 4) Breadth(B): 선측 좌측 외판 바깥에서 우측 외판 바깥까지 측정한 최대 거리.

1) M사의 Tripple E 제원

DIMENSIONS		ENGINES	
LOA	399m	Twin propeller	2 x 30,000 kw
Beam Extreme	59m	Twin rudder	Able to operate Independently
Depth Moulded	30.3m		
Draft (Scantling)	16m	B/T	2 x 2500 kw
Deadweight approx.	200,000 mt	CARGO	23 rows/ 4 hatch covers across/ 24 x 40' bays
Displacement approx.	260,000 mt		
Lateral wind area	17,500 m2		

- 5) Breadth mld(Moulded): 선측의 좌측 외판의 안쪽에서 우측외판의 안쪽까지 측정한 거리.
- 6) Depth(D 깊이): 용골에서 최상부 전통갑판의 안쪽까지의 수직거리.
- 7) draft(d 흘수): 선저 용골에서 수선까지의 수직 거리.
- 8) Air draft: 수선에서 선체의 최고높이까지의 수직거리.
- 9) ROT(Rate of turn): 선박의 1분간의 각변위량을 표시한 것.
- 10) Kick: 조타 후 타압의 작용으로 선박이 원침로에서 벗어난 거리. G(중심)의 이탈은 약1/100정도로 미미하나 선미의 이탈은 최대 1/4까지 일어나기도 한다.
- 11) Advance(선회종거): 전타 후 각변위량이 90도가 되는 지점까지 원침로상의 거리.
- 12) Transfer(선회횡거): 전타 후 각변위량이 90도가 되는 지점까지 원침로에 수직한 거리.
- 13) Tactical diameter(TD)(전술상의 선회경): 원침로로부터 회두가 180도 이루어졌을 때 원침로에 수직한 거리. 통상 전장의 3~4배
- 14) Final diameter(정상선회경): 선박의 선회각속도(ROT)가 일정하게 되었을 때 G점의 궤적은 완전한 원에 가까운데 그 때의 선회항적의 직경을 말한다.
- 15) 선회장(Turning basin): 선박이 선회할 수 있는 수역으로 통상 2L정도가 요구된다.
- 16) 전심(Pivoting point): 선체가 선회하는 경우의 겉보기 회전중심을 말한다. 선체가 전진하면 선수에서 약 1/3L에 위치하고, 후진하면 선미로 이동하여 선미에서 약 1/3L~1/4L에 위치하는데 선체의 구조에 따라 다르다.
- 17) 수저항 중심: 전심과 유사한 개념이지만 정확히 일치하지는 않는다. 특히 후진의 경우 동일한 선박이 일정한 후진 속도를 가지고 있더라도 기

관이 정지한 상태와 후진 기관을 사용 중인 경우의 수저항 중심점은 동일한 위치가 아니다. 왜냐하면 선수미의 예선이나 쓰러스터의 효율이 다르게 나타나기 때문이다.

18) 거대형 컨테이너선: 10,000 TEU 이상의 적재능력을 가진 컨테이너선을 통칭하나 본 연구에서는 140,000 G/T(13,000 TEU)의 M사의 B급을 칭한다.

19) 순선저여유수심(純船底餘裕水深, Net Under-Keel Clearance): 모든 오차요소를 고려하여 계산한 선저하의 순수한 여유수심으로 일본의 경우 0.5~0.6미터, 미국의 경우 2 feet(0.6미터), PIANC²⁾의 경우 해저가 모래인 경우 0.5미터 암반인 경우 1.0미터를 기준으로 하고 있다.³⁾

20) 안전도 우열 비교: 본 연구에서 소요시간, 안전도, 심리적부담의 평가에 사용한 수치는 낮을수록 우수하고 높을수록 열등한 것으로 간주한다. 예컨대 시간은 1이 2보다 짧고, 안전도는 1이 2보다 높으며 심리적부담은 1이 2보다 낮은 것을 의미한다.

21) Triple E class 컨테이너선: Triple E는 Economy of scale(규모의 경제), Energy efficient(에너지 효율성), Environment friendly(친환경성)의 줄임말로 M사가 건조한 최대 18,000 TEU를 적재할 수 있는 세계 최대 크기의 컨테이너 선박을 일컫는다.

2) PIANC(Permanent International Association of Navigation Congresses 국제항로협회): 1885년에 설립된 비정치적 비영리 단체로서 항만 및 수로 기술 분야의 국제적 기준 제정을 주도하고 실용적인 기술적 지침을 제공하는 등 오랜 역사와 전통을 자랑하는 권위 있는 국제기구이며, 현재 UN의 자문기관으로도 지정되어 있다. PIANC의 명칭은 초기 “국제항로협회(Permanent International Association of Navigation Congresses)”에서 1998년 9월 “국제수상교통시설협회(The World Association for Waterborne Transport Infrastructure)”로 국제협회 명칭이 변경되었다.

3) 부산신항 도선운영계획 2004, pp. 54

제 2 장 표준 조선법

2.1 기존의 연구

2.1.1 부산항의 조선에 관한 연구

부산항만에서의 10,000 TEU급 이상의 초대 컨테이너선의 입출항 조선에 관한 연구로는 M사의 G-Class 선박의 감만부두 4번 선석의 접안시물레이션 및 검토사항에 대한 연구⁴⁾가 있다. 이 연구에서 활용한 모델선박의 제원은 전장 367m, 선폭 42.8m, 깊이 28m, 만재흘수 14.5m이다. 수심이 충분하지 않은 관계로 10%의 여유수심을 가진 상태로 감만 4번 선석에 좌현접안하는 시물레이션을 진행하였다.

본선은 선수와 선미에 각각 1기의 추력 30톤의 쓰러스터를 보유하고 있는데, 3,000 마력급의 Twin Z-Peller 예인선 각각 1척씩을 선수와 선미에 배치한 상태로 접안조선을 진행하였다. 이 연구결과에서는 세계적인 추세인 선박의 초대형화에 대한 적절한 대처와 10% UKC의 확보를 위한 항로의 준설과 일부 구간의 항로구역 확대 및 준설의 필요성을 지적하였다.

2.1.2 외국 항만의 조선에 관한 연구

2.1.2.1 일본 기타큐슈 간몬항의 LNG 기지의 표준항행 절차

이 연구는 일본해양경찰대학, 일본국립수산대학교, 일본해양과학연구소 및 세이부해양안전협회가 공동으로 연구하여 '11차 해양시물레이터와 시물레이션 연구에 관한 아시아 회의'에서 발표한 연구내용⁵⁾으로 간몬항(Kanmon port)의

4) '도선' 2009, 신년호 pp. 64-71 (한국해양수산연수원 우병구박사, '컨테이너 전용선의 10,000TEU급 이상 초대형화 및 선박조종 시물레이션')

LNG기지에 입항하는 선박의 크기를 125,000 CBM에서 145,000 CBM으로 증대시키기 위한 사전 연구이다. 선박시뮬레이터를 이용하여 다수의 도선사를 참석시켜 시뮬레이션을 진행하고, 안전한 조선을 위한 확고한 표준절차를 수립하고자 한 시도로서, 수로의 협소함, 통항량의 폭주, 복잡하고 강한 조류라는 악조건으로 인하여 선박의 좌초 및 부표 접촉과 같은 사고가 빈발함으로써 ‘일본 해양시뮬레이터 및 시뮬레이션 위원회’는 선박조종 시뮬레이터를 광범위하게 사용한 확인 검증을 거치도록 하였다. 이 연구결과에서는 시뮬레이션을 거듭할수록 교행(郊行)하는 선박과의 근접상항을 회피하기 위한 우측항행의 비율이 점진적으로 증가하였고, 대각도 변침을 시작하는 시점이 일정한 위치로 수렴하는 경향이 두드러졌다.

2.1.2.2 중국 Ningbo항의 강한 순조류하에서의 대형컨테이너선의 조종성 연구

이 연구는 중국의 Ningbo항(Ningbo port)에 있어서 항만과 선박 운용의 효율을 극대화하기 위하여, 컨테이너선의 Ningbo항 2번 선석 출항에 소요되는 시간을 최소화하는 방법에 관한 현지 도선사의 연구⁶⁾이다.

강풍, 농무와 급격한 날씨의 변화 등 자연요소는 항만의 폐쇄를 포함하여 항만의 가동 일수를 줄이고 선박의 정박일수를 늘리게 됨으로 출입항 시간의 절약이 매우 중요하다. 인접한 산물선(散物船, Bulk carrier) 부두와 연결 교량으로 인하여 이안 후 증속에 필요한 공간을 확보하기 위하여 적정한 거리까지 후진한 후 전진하는 방법을 단순화한 수식을 이용한 계산을 근거로 제안하고 있다. 단순히 공간을 확보하기 위해서라면 후진하여 우선회하는 방법도 있으나 이렇게 하는 경우 더 많은 시간이 필요함으로 바람직한 방법이 아니다. 저자가 제안한 방법에 의하면, 20분 내지 30분 정도의 시간을 절약할 수 있고, 이는 항만의 가동률을 높이는 데 큰 도움이 될 것이다.

5) 2011년, ‘11차 해양시뮬레이터와 시뮬레이션 연구에 관한 아시아 회의’ (11th Asian Conference on marine simulator and simulation research proceedings 2011, pp.81-88 ‘Verification on Establishment of Standard Navigation Procedures in Severe Environment for Port Entry Ship Handling’, 25-26 August 2011, Kure, Japan)

6) ANC 2011, pp. 320-332 (Research of maneuverability of large container ships in rapid downstream current, Guohua PAN/ Ningbo Pilot Station)

2.1.2.3 일본 시미주항의 주·야간 도선 난이도 차이에 관한 연구

이 연구는 일본 시미주항에서 17년 이상의 도선경력을 가진 한 도선사가 그동안 조선한 약 4,000회의 선박조종 기록을 선종별, 선석별 및 주·야간 등으로 분류하여 동일조건에서 주·야간 입출항에 소요된 시간을 비교하여 선박조종에 주·야간에 따른 난이도의 차이를 비교한 연구⁷⁾이다.

일반적으로 항만이나 협수로에서 주간보다 야간에 사고가 빈발한다는 것이 정설이다. 그러나 이 연구에 의하면, 그 지역의 지리와 환경 조건에 매우 익숙한 조선자의 주·야간 조선에 소요된 시간의 차이는 5% 이내로 상당히 작다는 것이다. 이를 바탕으로 이 연구는 지역의 환경에 익숙한 숙련된 도선사는 조선에 있어서 주·야간 난이도의 차이는 크지 않다고 결론내리고 있으며, 또한 인간은 선박조종에 있어서 선박조종 시뮬레이터와 같은 장비를 활용하여 반복적인 훈련을 수행하게 되면, 학습효과에 의하여 환경 적응능력과 항로 친숙화 경험을 충분히 향상시킬 수 있다는 것이다.

2.2 표준 조선법의 개요

2.2.1 상세한 선박조종 계획의 수립

선박이 항만에 접근하면 항양(航洋, Ocean)을 향해하는 것과는 달리 우선 수역의 제한에 따라 조종성능은 저하되고, 통항량은 집중함으로 조선에 상당한 어려움이 따른다. 이에 더하여 통상적인 풍조류 조건에서도 감속으로 인한 압류의 크기가 감속 비율의 제곱에 비례하여 커짐으로 조종의 어려움은 크게 증대하는데, 외력이 큰 지역에서는 그 난이도도 더욱 증대할 것이다. 따라서 항내 조선에는 이 모든 요소를 고려하여 사전에 치밀한 계획을 수립하는 것이 필요하다.

본선이 준비하는 통항계획(Passage Plan)은 Berth-to-berth 개념으로 상당히 상세한 내용을 포함하지만, 한계가 있으므로 도선사에 의한 세부적인 계획의

7) ANC 2009, pp. 137-146 (A study on the Difference of Difficulty of Ship-handling in the Daytime and at Night in Port, Masanori TSUGANE/Tokai university)

수립이 필요하다. 북항 입항선의 경우, 도선사 승선에서 오류도방과제 통과까지 약 10분 정도 소요되고, 부산신항의 경우에는 도선사 승선에서 동방과제 통과까지 약 20분이 걸리는데, 주변의 여건이 선장과 도선사 간에 충분한 협의를 할 여유가 없는 경우도 있다. 언어구사 상의 문제로 여의치 않을 경우도 있지만, 위와 같이 한정된 시간에 핵심적인 내용을 간단하고 명료하게 전달하는 데에는 약간의 훈련과 기술이 필요하다.

2.2.2 안전을 고려한 조선법

비상시의 대처를 고려한 최적의 선박조종으로서 초대형선은 자체 기관고장 시 사용가능한 보조수단이 제한적이고, 외부조력에도 한계가 있으므로 점진적이고 방어적인 선박조종이 필수적이다.

예컨대, 대략 30,000 DWT 이하의 선박에 있어서 7노트 이하에서는 기관고장 시 닻을 사용하면 어렵지 않게 선박을 감속시켜 좌초나 충돌을 회피할 수 있겠지만, 60,000 DWT(파나맥스급) 이상의 선박에 있어서 일정 선속(3노트) 이상에서는 닻을 이용한 위험의 회피는 거의 불가능하거나 매우 제한적이다⁸⁾.

선박을 조종하는 요소 즉, 기관과 조타기 및 예인선과 쓰러스터 중 어느 일부가 불능상태에 빠지더라도 비상수단으로 회복가능한 조선의 한계를 모색해 볼 필요가 있다. 초대형 선박이 협수로 통과시나 부두전면에 매우 근접한 상황에서 정전(blackout)이 발생한 경우에, 충돌이나 좌초를 회피하기 위하여 예인선을 사용하여 본선의 정지를 시도할 것인지 방향의 전환을 시도할 것인지에 대한 시험이 필요하다.

2.2.3 효율성을 고려한 조선법

선박의 구조적 특성상 전후진 방향으로 이동은 쉽지만 횡방향 이동은 어렵다. 따라서 어렵고 시간이 많이 걸리는 횡이동(橫移動)을 최소로 하고(Swept path 최소화), 본선의 기관과 타를 이용하여 선수미 방향에 의한 이동을 최대화하여 필요한 지점까지 움직이는 것이 바람직하다. 효율의 저하는 결국 일정 기간 동안의 통항량을 증가시키는 효과가 나타남으로써 안전에도 저해요인으로

8) 우병구, 선박조종과 도선, 2002: 96

작용한다. 이런 이유로 효율의 증대는 안전의 증대와 직결되지만 한편으로 효율을 지나치게 중시하여 안전을 소홀히 취급하는 어리석음을 범해서는 안 될 것이다.

2.3 표준 조선법의 적용

북항의 경우에는 실제로 초대형선의 접·이안이 빈번한 신선대 5번 선석과 감만 4번 선석에의 입선 및 출선 자세 접안조선을 살펴본다. 안전성과 효율성의 비교 및 분석에 더하여 조타기, 기관, 쓰러스터, 예인선 등이 고장 난 경우를 상정하고 위험을 회피할 수 있는 최적의 수단은 무엇인지를 찾아본다.

신항의 경우에는 실제로 초대형선의 접·이안이 빈번한 북컨 13번, 북컨 8번과 남컨 8번 선석에의 입선 및 출선 자세 접안조선을 살펴보도록 한다. 안전성과 효율성의 비교 및 분석에 더하여 조타기, 기관, 쓰러스터, 예인선 등이 고장 난 경우를 상정하고 위험을 회피할 수 있는 최적의 수단은 무엇인지를 찾아보고자 한다.

인간의 업무상 긴장으로 유발되는 실수에 주목한다. 도선사의 조타지시는 일차적으로 당직 항해사와 선장에 의하여 확인되어야 하는데 ‘변침 의도 - 조타지시 - 조타수의 복창 및 조타기 조작 - 의도한 결과의 획득’까지 전 과정이 빠짐없이 감시 및 확인되어야 한다. 조타수가 긴장하여 조타지시를 반대로 복창하는 경우도 있고, 복창은 제대로 하였지만 조타기 조작을 반대로 하는 경우도 있다. 아주 드물게는 도선사도 긴장의 강도가 높을 때는 조타지시에 실수하는 경우가 있을 수 있으며, 특히 급박한 위험을 회피하고 회복되는 과정에서 그럴 가능성이 높다. 주기판과 조타기 조작은 본선의 운동을 제어하는 핵심적 요소로 매우 중요하다. 기관과 조타기의 사용을 명령하는 도선사의 지시는 지시 단계에서 1차적으로 항해사와 선장에 의하여 모니터링 되어야 하는데 이를 방심 혹은 태만히 하는 경우도 허다하다.

압류가 심할 경우, 본선이 방파제나 위험물을 안전하게 통과하는 것을 감시하는 방법은 위험물과 중시선 상에 위치한 원거리 물표와의 방위의 변화를 확인함으로써 가능하다. 일정한 침로(Heading)를 유지할 경우, 정선수 방향의 단

일한 물표도 본선의 횡방향 압류를 판단하는 데 이용할 수 있다. 도등은 본선의 횡방향 압류를 보다 즉각적으로 인지하고 침로를 수정하는데 도움이 된다. 전부와 후부 등대 간의 거리가 매우 짧은 부산신항 송도에 설치된 270도 방향의 도등은 추후 서측컨테이너부두 완성 후 위치를 조정하여 거리를 적정 수준까지 확대하여야 할 것이다.

2.4 컨테이너선의 분류 및 모델선박의 제원

2.4.1 컨테이너선의 분류

유럽의 저명한 해운연구소에서는 컨테이너 선박의 크기에 따른 분류를 <표 2-1>과 같이 1세대에서 8세대⁹⁾로 나누고 있다. 또한 포스트 파나맥스(Post panamax) 이상의 컨테이너선(4,500 TEU~15,000 TEU)의 주요척도는 <표 2-2>와 같다.

현재 취항중인 15,000 TEU급(175,000 G/T) 선박의 실제 치수는 전장(LOA) 397m, 선평 56m, 깊이 30m, 만재 흘수는 16m이며, M사의 Tripple E는 선평이 59m로 컨테이너의 갑판적재가 23열(Row)까지 가능하다. 그리고 컨테이너 적.양 하를 위하여 현재까지 생산된 갠트리카레인(Gantry crane)은 24열이 최대이며, 부산신항의 컨테이너 터미널에 설치된 대부분의 갠트리 크레인도 22열이 최대 한계임으로 추후 초대형 컨테이너선의 기항을 위해서는 개선해야 될 현안으로 대두되고 있다.

최근에 우리나라의 대형 조선소에서 설계 및 건조하고 있는 18,000 TEU급 거대형 컨테이너선은 Scantling 만재흘수를 16.0m로 하고 있으며, 이러한 거대형 컨테이너선의 안전한 입출항을 위해서는 항로수심을 최소한 17m 이상 확보하여야 한다. 이를 위하여 부산항만 당국에서는 부산신항만을 거대형 컨테이너선의 거점항만(Hub port)으로 자리매김하기 위하여 신항만 개발에 대한 항로준설 계획을 포함하여 전반적인 재배치와 검토를 계획하고 있는 것으로 알려지고 있다.

9) Payer(1999)

<표 2-2> 크기에 따른 컨테이너선의 분류(1세대~8세대)

구분	1세대	2세대	3세대	4세대	5세대	6세대	7세대	8세대
길이(m)	190	210	210-290	270-300	290-320	305-310	355-360	365
속력(노트)	16	23	23	24-25	25	25	26.4	←
선폭(m)	27	27	32	37-41	40-47	38-40	43	55
흘수(m)	9	10	11.5	13-14	←	13.5-14	14.5	15
크기(TEU)	1,000	2,000	3,000	4,000이상	4,900이상	6,000내외	8,000내외	12,500내외
갑판적	1-2단	2단8열 2단10열	3단12열 3단13열	3단14열 4단16열	6단16열	6단17열	6단17열	7단22열
창내적	5-6단	6단7열 6단8열	7단9열 9단10열	9단10열 9단12열	←	9단14열	←	10단18열
시기	1960년대	1970년대	1980년대	1984년	1992년	1996년	2000년	2005년
선형	개조선	Full Container	Panamax	Post Panamax	Post Panamax	Super Panamax	Super Panamax	Ultra Panamax

<표 2-3> 포스트 파나맥스 컨테이너선의 치수

구분	4,500 TEU	4,800 TEU	5,500 TEU	7,000 TEU	8,000 TEU	15,000 TEU
길이(m)	260.0	262.0	263.0	326.4	325.0	400.0
폭(m)	39.4	40.0	40.0	42.8	46.0	60.0
깊이(m)	23.6	34.3	24.3	24.1	27.1	35.0
흘수(m)	12.5	14.0	14.0	14.5	14.5	20.0

2.4.2 모델선박의 제원

다음은 '도선사용 시뮬레이터'에 사용된 140K GT 컨테이너 모델선의 제원이며, 이 선박은 M사의 실제 선박인 B호를 모델로 이용하여 프로그래밍을 하였다.

<표 2-4> 시뮬레이터 선박모델의 제원

항 목	140K Container(모델: S016)			
Main Principles	GRT	140,264 ton		
	Displacement	187,580 ton		
	LOA	366.1 m		
	Breadth	48.20 m		
	Full Draft	15.52 m		
Propeller	No of Propeller	1 ea		
	Propeller dia.	9.20 m		
	Propeller pitch.	8.81 m		
	Nos of blade	6 ea		
	Ship horse power	87,314 kw		
	Bow thruster	3,000 kw		
	Stern thruster	3,000 kw		
Rudder	No of rudder	1 ea		
	Span(h)	12.00 m		
	Width(h)	8.40 m		
	rudder area	80.20 m ²		
	Area ratio	67.60		
	Aspect ratio	1.43		
Main Eng.(rpm)	R/UP	97.0		
	F/H	78.0	F/S	78.0
	H/H	63.0	H/S	63.0
	S/H	47.0	S/S	47.0
	D/H	38.0	D/S	38.0
	Astern power is 60% of ahead power Nos of consecutive starts 12			
Block coff(Cb)	0.59			

제 3 장 부산항의 환경

3.1 부산항의 자연환경

3.1.1 기상 개요

부산 부근해역을 포함하는 우리나라 남해안은 해안선의 굴곡이 매우 심한 리아스식 침강해안으로 이루어져 있으며, 크고 작은 많은 섬들이 산재해 있어서 세계적인 다도해를 이루고 있다. 부산 앞바다는 동해와 남해가 구분되어지는 경계해역에 위치하고 있기 때문에 양 해역의 기상 특성이 고루 나타나는 전이 해역이다. 부산 앞바다의 수심은 남서쪽으로는 비교적 얕은 수심인 60m 내외 이나 남쪽 및 북동쪽으로는 어느 정도 가파른 편이며 최심부는 영도 남동방 17 해리에서 228m이다.

부산지방은 국토의 동남단부에 위치하고 해안과 접해 있으므로 여름철에는 내륙지방보다 기온이 비교적 낮으며, 겨울철에는 온화한 해양성 기후로서 연중 기온의 차이가 비교적 적다. 연평균 강수량은 1,519.1mm로서 전체 강수량의 약 62%가 6월에서 9월 사이에 집중되어 여름철의 우기와 겨울철의 건기가 명확히 구분된다. 평균기온은 14.7℃로서 연중 8월이 가장 높은 25.9℃이며, 1월이 가장 낮은 3.2℃를 보이고 있다. 풍속은 연중 큰 차이 없이 평균 3.3m/sec~4.0m/sec 범위 내에 있으나, 최대풍속은 태풍의 영향을 받는 여름철에 나타나고 있는 것으로 조사되었다. 풍향은 겨울철에는 북서풍이, 여름철에는 남서풍이 우세하며 태풍은 북태평양 서부에서 연중 28개 정도가 발생하여, 연평균 2~3회 정도 직·간접적인 태풍의 영향을 받는다.

이 기상 요소 자료는 '신선대부두 접안시설(안벽) 개선공사 기본 및 실시설계 용역 안전진단' 보고서¹⁰⁾를 인용하였으며, 아래 표는 부산북항 인근 해역의 주

요 기상요소와 해상요소의 자료로서 기상청의 최근 30년간(1981년~2010년)의 기후평년값을 나타낸 한국기후표이다. 그리고 해상요소의 자료는 국립해양조사원 발행의 조류도와 모델을 이용하여 산출한 10년간(1986-1995년)의 연안격자점 자료와 20년간(1979-1998년)의 천해파랑 자료 및 해양기상 특성집 등이다. 지역적인 근접성으로 부산항 혹은 부산신항의 기상자료는 양 항만에 동일하게 적용하도록 한다.

<표 3-1> 기상 개요

구 분 \ 월 별		1	2	3	4	5	6
풍속 (m/sec)	평균(24hr)	3.7	3.8	4.0	4.0	3.6	3.3
	최대	16.7	18.0	17.3	21.7	20.0	23.0
	풍향	NW	SW	SW	SW	SW	SW
강수	평균(m/m)	34.4	50.2	80.7	132.7	157.4	206.7
	계속시간(hr)	44.95	50.98	65.71	75.89	83.62	98.98
기온 (℃)	평균	3.2	4.9	8.6	13.6	17.5	20.7
	최고	7.8	9.6	13.4	18.3	21.9	24.3
	최저	-7.6	-6.1	-2.1	3.9	9.9	14.1
해면기압 (hpa)	평균	1,022.4	1,021.0	1,018.5	1,015.0	1,011.5	1,008.2
안개	일수	0.1	0.3	0.7	1.7	3.0	4.0
	계속시간(hr)	0.41	0.67	1.63	7.66	12.32	17.71
일조	시간(hr)	199.0	182.5	193.0	210.0	221.7	179.7
	비율(%)	63.6	59.3	52.0	53.6	51.1	41.4

10) 신선대부두 접안시설(안벽) 개선공사 기본 및 실시설계용역, 한국해대, 2012. 12

구 분 \ 월 별		7	8	9	10	11	12
풍속 (m/sec)	평균(24hr)	3.8	3.7	3.6	3.3	3.4	3.6
	최대	24.3	21.7	22.6	20.7	16.7	19.0
	풍향	SSW	SSE	SE	S	NW	NW
강수	평균(m/m)	316.9	255.1	158.0	58.4	45.8	22.8
	계속시간(hr)	107.76	81.44	79.52	37.62	37.80	27.85
기온 (℃)	평균	24.1	25.9	22.3	17.6	11.6	5.8
	최고	31.7	33.0	30.5	26.9	22.6	17.8
	최저	18.2	20.3	15.3	7.5	0.1	-5.5
해면기압 (hpa)	평균	1,007.4	1,008.5	1,013.0	1,018.0	1,021.2	1,022.6
안개	일수	4.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0
	계속시간(hr)	15.55	1.07	0.3	0.05	0.35	0.03
일조	시간(hr)	165.8	200.9	167.2	208.9	194.4	204.3
	비율(%)	37.5	48.2	44.9	59.6	62.6	67.0

<자료> 한국기후표, 기상청, 1981년~2010년

3.1.2 풍향 및 풍속

1) 평균풍속

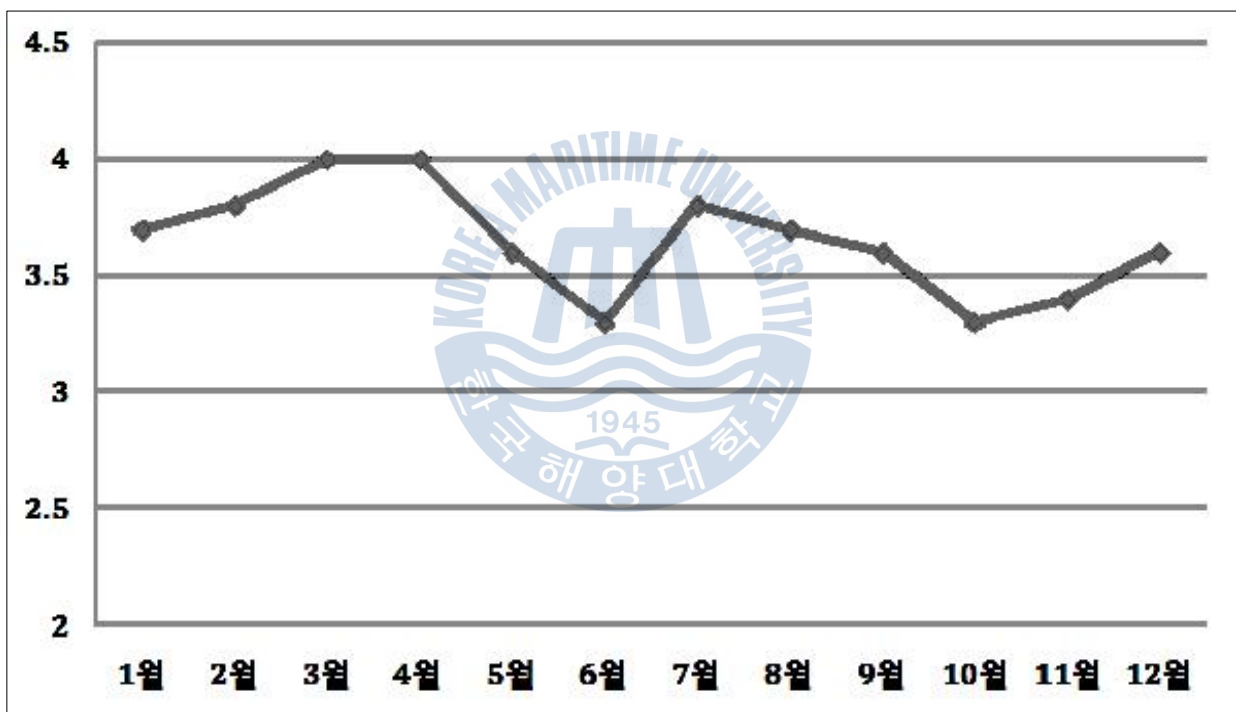
다음의 <표 3-2> 및 <그림 3-1>은 부산의 최근 30년간(1981년~2010년)의 각 월의 평균값에서 구한 월별평년값 중 평균풍속의 분포를 나타낸 것이다. 부산 지방에 부는 바람은 지형적 특성에 의하여 여름철에는 남서풍, 겨울철에는 북서풍의 영향을 주로 받으며, 전년(全年)의 평균풍속은 3.7m/s이고, 연간 3.3m/sec~4.0m/sec의 범위로 출현하고 있다. 전년의 평균보다 강한 풍속은 주

로 봄에 관측된다. 평균풍속이 봄에 비교적 높은 분포를 보이는 것은 한후기에 발달하는 계절풍과 이동성 온대저기압의 영향 때문이다.

<표 3-2> 30년간 월별평년값의 평균풍속(m/s)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
평균풍속	3.7	3.8	4.0	4.0	3.6	3.3	3.8	3.7	3.6	3.3	3.4	3.6	3.7

자료 : 한국기후표, 기상청, 1981년~2010년



<그림 3-1> 30년간 월별 평년값의 평균풍속(m/s)

2) 최대풍속

최대풍속은 임의의 10분간 평균풍속 중 최대값으로 아래의 <표 3-2>는 최근 30년간(1981년~2010년)의 각 월의 평균값에서 구한 월별평년값 중 월별 최대 풍속 및 풍향을 나타낸 것으로 16.7~24.3m/s의 분포를 보인다.

<표 3-3> 30년간 월별평년값의 월별 최대 풍속(m/s) 및 풍향

월 구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
최대 풍속	16.7 (NW)	18.0 (SW)	17.3 (SW)	21.7 (SW)	20.0 (SW)	23.0 (SW)	24.3 (SSW)	21.7 (SSE)	22.6 (SE)	20.7 (S)	16.7 (NW)	19.0 (NW)	24.3 (SSW)

자료 : 한국기후표, 기상청, 1981년~2010년

다음의 <표 3-4>는 최근 30년간의 월별평년값 중 일최대풍속의 계급별 관측 일수를 나타낸 것으로 7.9^{m/s}(15.36노트) 이하의 일수가 약 62%인 227일, 13.8^{m/s}(26.83노트) 이하의 일수가 97.62%인 356.6일로 나타났다.

<표 3-4> 30년간 월별 평년값의 일 최대풍속 계급별 관측일수(일)

월 풍급	0.5~3.3 ^{m/s}	3.4~7.9 ^{m/s}	8.0~13.8 ^{m/s}	≥13.9 ^{m/s}
1월	0.2	15.5	14.9	0.4
2월	0.1	15.2	12.2	0.8
3월	0.1	15.8	14.3	0.9
4월	0.1	15.2	13.7	1.0
5월	0.4	18.8	11.3	0.5
6월	0.6	22.2	6.2	1.0
7월	0.7	19.6	9.3	1.4
8월	0.5	21.0	8.7	0.8
9월	0.2	22.3	6.9	0.6
10월	0.3	22.4	7.9	0.3
11월	0.3	19.0	10.2	0.4
12월	0.1	16.6	13.7	0.6
전년	3.7(1.01%)	223.7(61.24%)	129.2(35.37%)	8.7(2.38%)

자료 : 한국기후표, 기상청, 1981년~2010년

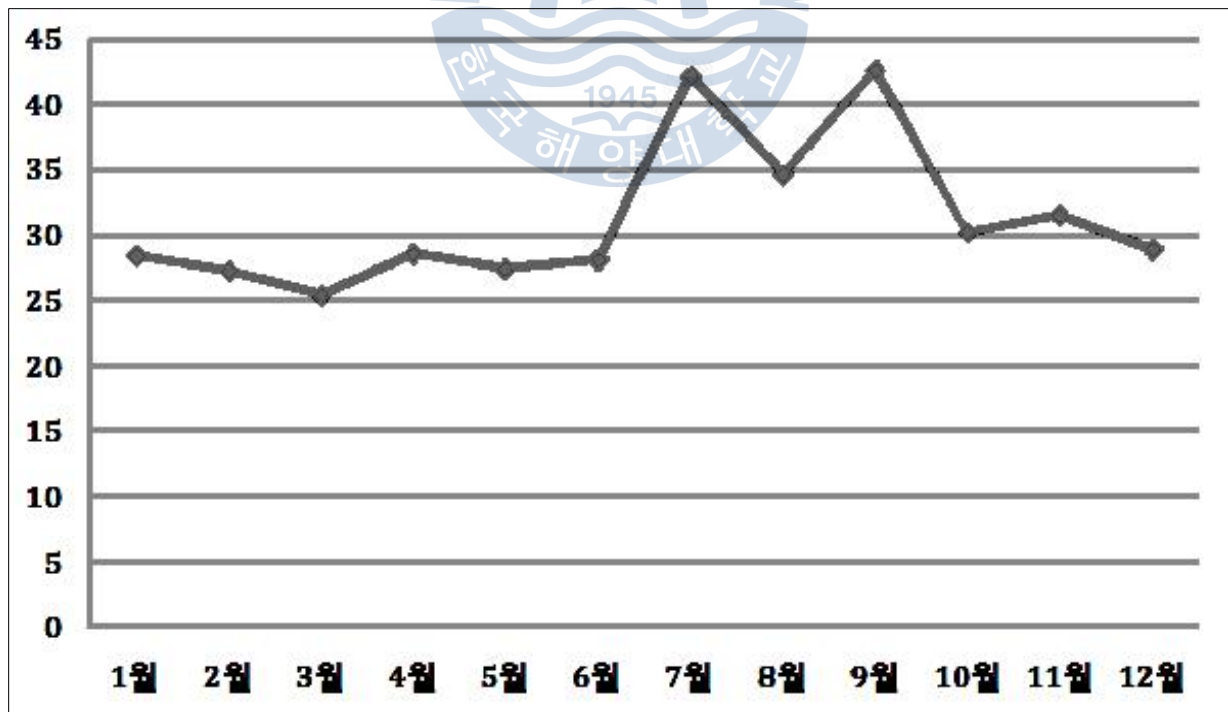
3) 최대 순간풍속

최대순간풍속은 임의의 한 순간에 나타난 풍속의 최대값으로, 선박 및 항만 구조물 등에 큰 피해가 발생할 수 있다. 아래의 <표 3-5>와 <그림 3-2>는 월별 최대순간풍속 분포를 보인다. 여름에 최대순간풍속이 강한 이유는 태풍의 영향 때문이다. 월별로 최대순간풍속 분포를 살펴보면, 9월에 가장 강한 42.7m/s (2003년 태풍 'MAEMI'), 그 다음은 7월에 42.3m/s(1995년 태풍 'FAYE')의 강한 최대순간풍속 분포를 보였다.

<표 3-5> 월별 최대순간풍속(m/s) 및 풍향

월 구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
최대순간 풍속(풍향)	28.5 (NW)	27.4 (WSW)	25.5 (NW)	28.7 (WSW)	27.5 (SSW)	28.2 (SW)	42.3 (SE)	34.7 (E)	42.7 (SE)	30.3 (SSW)	31.6 (W)	29.0 (NW)	42.7 (SE)

자료 : 기상연보(부산 : 1992년 ~ 2011년)



<그림 3-2> 월별 최대 순간풍속(m/s)

4) 풍향별 관측횟수의 백분율

다음의 <그림 3-3>은 전년(全年)에 대한 풍향별 관측횟수의 백분율이다. 겨울에 해당하는 1월의 주풍향은 북서풍계열이다. 그리고 전반적으로 서풍-북북서풍이 높은 비율을 차지한다(전체 백분율의 약 51%). 이는 서고동저형의 기압배치에 의한 북서계절풍의 영향 때문이다. 2월의 주풍향도 북서풍이라고 할 수 있다. 서남서풍에서 북북서풍이 전체의 약 48%를 차지한다. 2월의 풍향도 1월과 비슷한 경향을 보인다고 말할 수 있다.

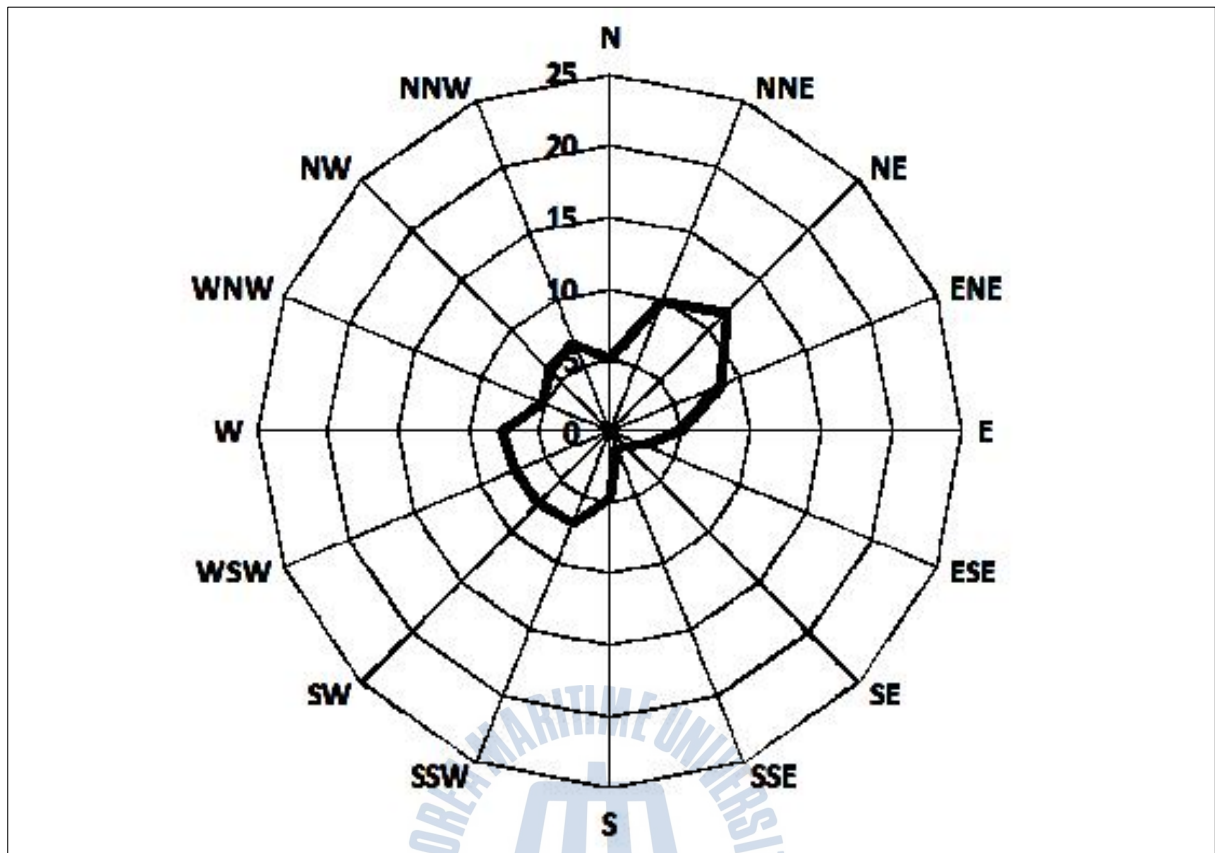
봄에 해당하는 3월의 풍향 분포도 1-2월과 유사하나 북동계열의 바람이 주풍향을 형성하기 시작하고, 다음으로 남서계열의 바람이 차지한다. 다소 북서계열의 바람 빈도가 낮아지는 경향이 보인다. 4월에는 북동계열과 남서계열의 바람이 주풍향을 유지하나 다소 남서계열의 바람이 높아지는 특성을 보인다. 그리고 5월에는 남서계열의 바람이 가장 빈도가 높고(전체의 약 31%), 그 다음이 북동계열의 바람이 전체의 약 27%로 순서가 역전된다.

여름인 6월에는 주풍향이 바뀌어 북동계열의 빈도가 압도적으로 높다(전체의 약 36%). 남남서풍 다음은 남서풍, 남풍의 순서이다. 이와 같은 경향은 7-8월에도 지속된다. 7월에는 남서계열의 바람이 전체의 약 40%를 차지하나, 8월에는 북동계열의 바람이 전체의 약 38%를 점하며 다소 증가하는 경향을 보인다.

가을에 해당하는 9월에는 북동풍과 동풍이 전체 백분율의 약 60%를 차지하여 주풍향을 형성한다. 다른 풍향의 바람은 5% 미만의 낮은 분포를 보인다. 10월의 주풍향도 북동계열의 바람이나 서서히 북서계열의 바람이 증가하는 경향을 나타냄을 알 수 있다. 그리고 11월부터는 북서계열의 바람이 주풍향을 형성하는데, 이와 같은 경향은 2월까지 지속된다.

전년의 풍향 분포(<그림 3-3> 참조)를 살펴보면, 주풍향은 북동계열과 남서계열이라고 할 수 있다. 동북동~북북동풍이 전체의 약 30%를 차지하여 가장 빈도가 높고, 그 다음은 서~남남서풍이 전체의 약 29%를 차지한다. 북서풍계열은 한후기인 11-2월에 우세하고, 북동과 남서풍계열은 3-10월에 우세하다. 한후기의 북서풍계열의 바람은 서고동저형의 기압 배치에 따른 계절풍과 깊은 관련

이 있다. 정온율(Calm)은 전체의 약 2.8%를 차지하여 낮은 분포를 보인다.



<그림 3-3> 풍향별 관측횟수의 백분율(% , 전년)

3.1.3 강수

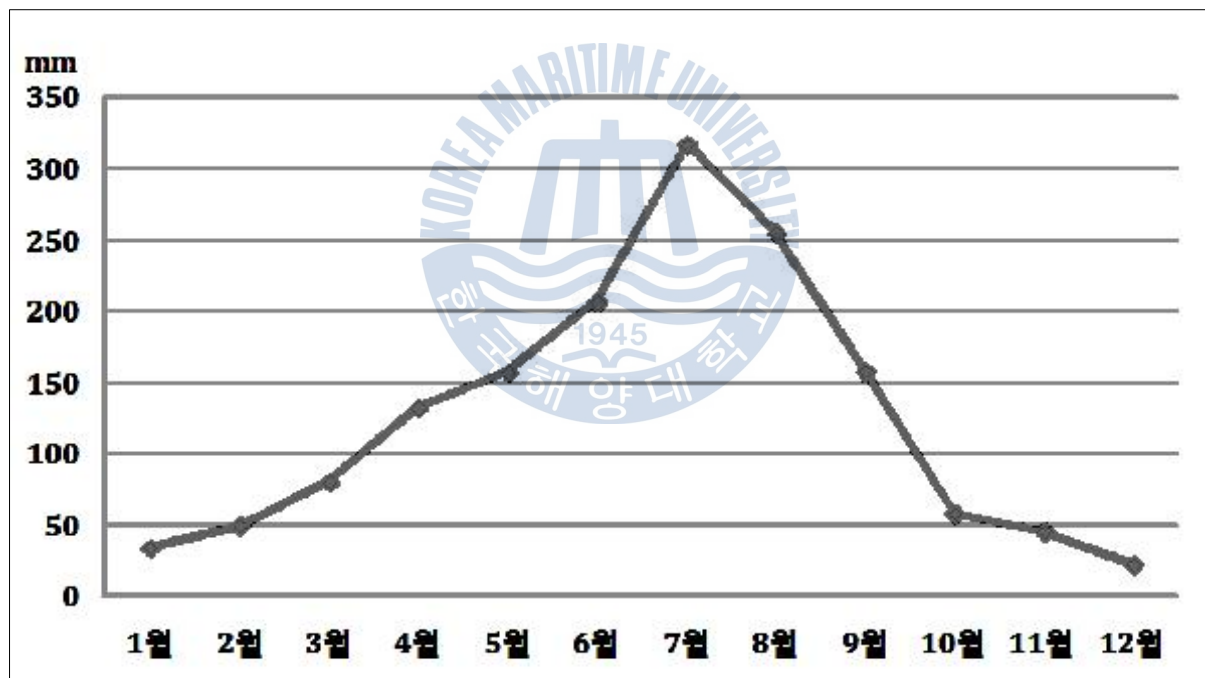
다음의 <표 3-6>은 부산의 최근 30년간(1981년~2010년)의 각 월의 평균값에서 구한 월별평년값 중 월별 평균강수량과 강수 계속시간을 나타낸다. 4~9월에 100mm 이상을 그 나머지 기간은 월 평균 100.0mm 이하의 비교적 적은 강수량을 보인다. 5-8월에 강수량이 많은 것은 우리나라 특유의 장마와 태풍의 내습 등이 더해진 결과이다. 계절별로 살펴보면, 여름에 가장 많고 그 다음은 봄, 가을, 겨울의 순이다. 특히, 겨울의 경우는 월 평균 20.0~50.0mm의 적은 강수량 분포를 보인다.

전년의 평균강수량은 1,519.1mm로서 전국평균 약 1,200mm보다 다소 많은 편이며 월별로는 7월이 가장 많은 316.9mm이고 12월이 가장 적은 22.8mm로 나타났다.(<그림 3-4> 참조)

강수 계속시간은 연간 약 33일인 792.12시간이며 7월이 약 4.5일인 107.76시간으로 가장 길었고 12월이 1.16일인 27.85시간으로 가장 짧은 것으로 조사되었다.

<표 3-6> 월별 평균강수량 및 강수 계속시간

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
강수량 (mm)	34.4	50.2	80.7	132.7	157.4	206.7	316.9	255.1	158.0	58.4	45.8	22.8	1519.1
강수 계속시간 (hr)	44.95	50.98	65.71	75.89	83.62	98.98	107.76	81.44	79.52	37.62	37.80	27.85	792.12



<그림 3-4> 월별 평균강수량

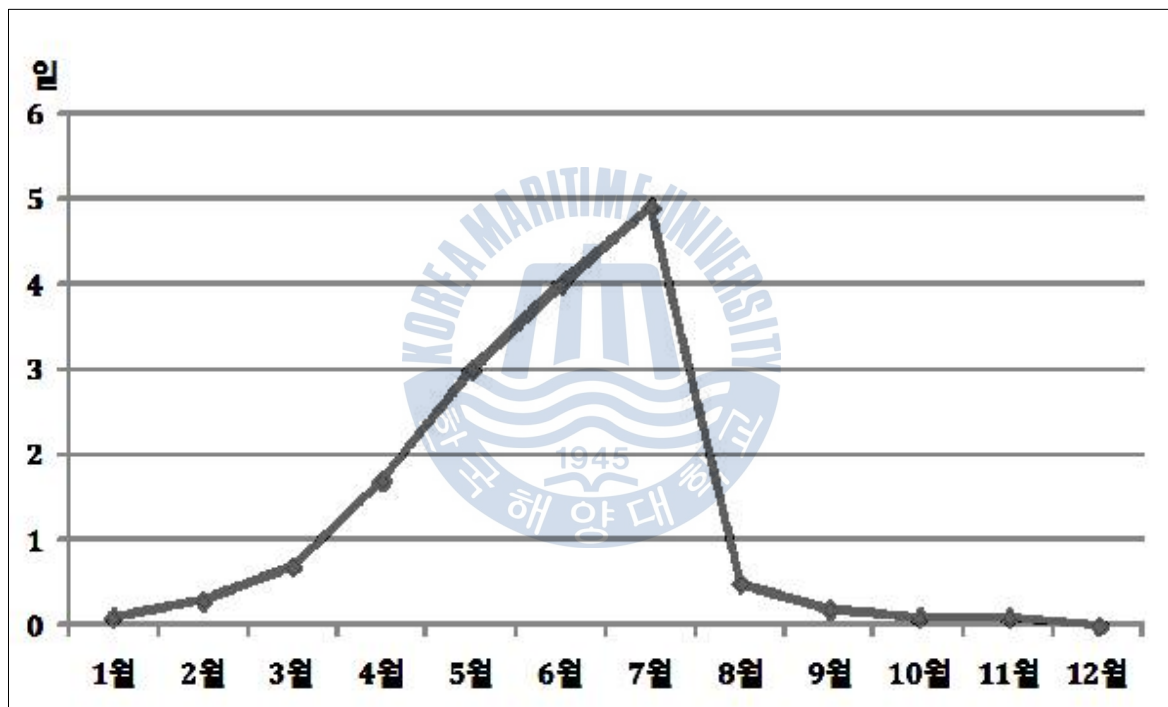
3.1.4 안개

선박의 항행 및 항만운영에 있어서 가장 큰 영향을 주는 요소의 하나인 안개는 우리나라에서 비교적 자주 발생하나 남해안의 경우 서해안보다 그 빈도가 다소 적은 편이다. 해안에서 발생하는 안개는 주로 이류무로 최근 30년간(1981

년~2010년)의 각 월의 평균값에서 구한 월별 평년값의 자료를 이용하여 구한 부산지방의 연간 안개 발생일수는 15.6일로 주로 4~7월에 발생한다. 4일 이상의 안개 발생일수를 보이는 달은 6월과 7월이다.(<표 3-7> 및 <그림 3-5> 참조)

<표 3-7> 월별 안개 발생일수

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
일수	0.1	0.3	0.7	1.7	3.0	4.0	4.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0	15.6

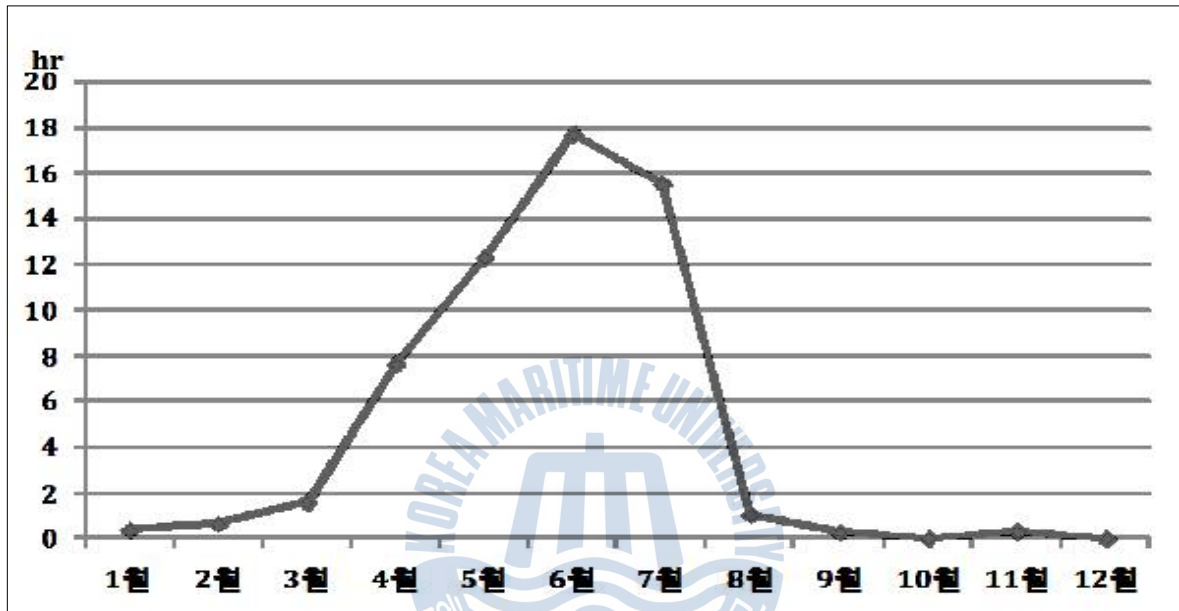


<그림 3-5> 월별 안개 발생 일수

다음의 <표 3-8> 및 <그림 3-6>은 부산지방의 월별 안개 계속시간을 나타낸 것이다. 안개계속시간은 안개 발생일수와 비슷한 분포 경향을 보여 4~7월에 길고, 9~2월은 1시간미만의 분포를 보인다. 특히, 6월과 7월은 안개계속시간이 길고 안개발생일수도 많아 선박은 안전운항에 주의하여야 한다.

<표 3-8> 월별 안개 계속 시간

월 구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
시간 (hr)	0.41	0.67	1.63	7.66	12.32	17.71	15.55	1.07	0.3	0.05	0.35	0.03	57.75



<그림 3-6> 월별 안개 계속 시간

3.1.5 조석 및 조류

우리나라는 해안선이 복잡하고 연근해에 많은 도서가 위치하고 있는 반도국가이다. 특히, 한반도의 남해안은 해안선이 육지의 연장으로 이루어진 많은 섬들과 연결되어 복잡하지만 해저면은 수심이 얇고 평탄하며 남쪽 및 남동 방향으로 점차 깊어지는 해저지형을 나타내고 있다. 부산 앞바다는 해안선의 골곡이 심한 침강해안이다. 수심은 남서쪽으로는 비교적 얕은 60m 내외이나 남쪽 및 북동쪽으로는 어느 정도 가파른 편이다.

부산신항 가덕도 천성만내 기준점조소의 경우 대조차는 166.0cm이고 평균조차는 113.4cm, 소조차는 60.8cm이다. 또한 대조평균 만조위는 178.3cm로 북항영도대교 밑 기준점조소 보다 56cm 정도 높다¹¹⁾.

1) 조위

조위는 선박 입출항 시 선박의 홀수와 관련하여 필요 수심 및 조종성능에 영향을 주는 주요 요소이다. 따라서 시뮬레이션의 수심기준은 최악의 조건인 약 최저 간조위로 설정한다.

부산항의 조석 특성은 부산항 검조소에서의 조석 관측자료에서 알 수 있으며, 이 자료에 의할 경우, 부산항의 평균대조차는 117.8cm, 평균조차는 80.0cm, 평균소조차는 42.2cm 정도이며, 부산항의 평균 만조간격은 8시간 1분, 평균 간조간격은 1시간 50분으로 나타났다.

아울러 부산항의 창조차는 대개 50~100cm, 낙조차는 50~120cm 사이에 분포하며, 최대 일조부등은 고조시에 24cm, 저조시에 14cm로 조차에 비하여 작다. 따라서 이러한 조석차가 선박의 통항에 큰 영향을 미칠 것으로 보이지는 않는다.(<표 3-9> 및 <그림 3-7> 참조)

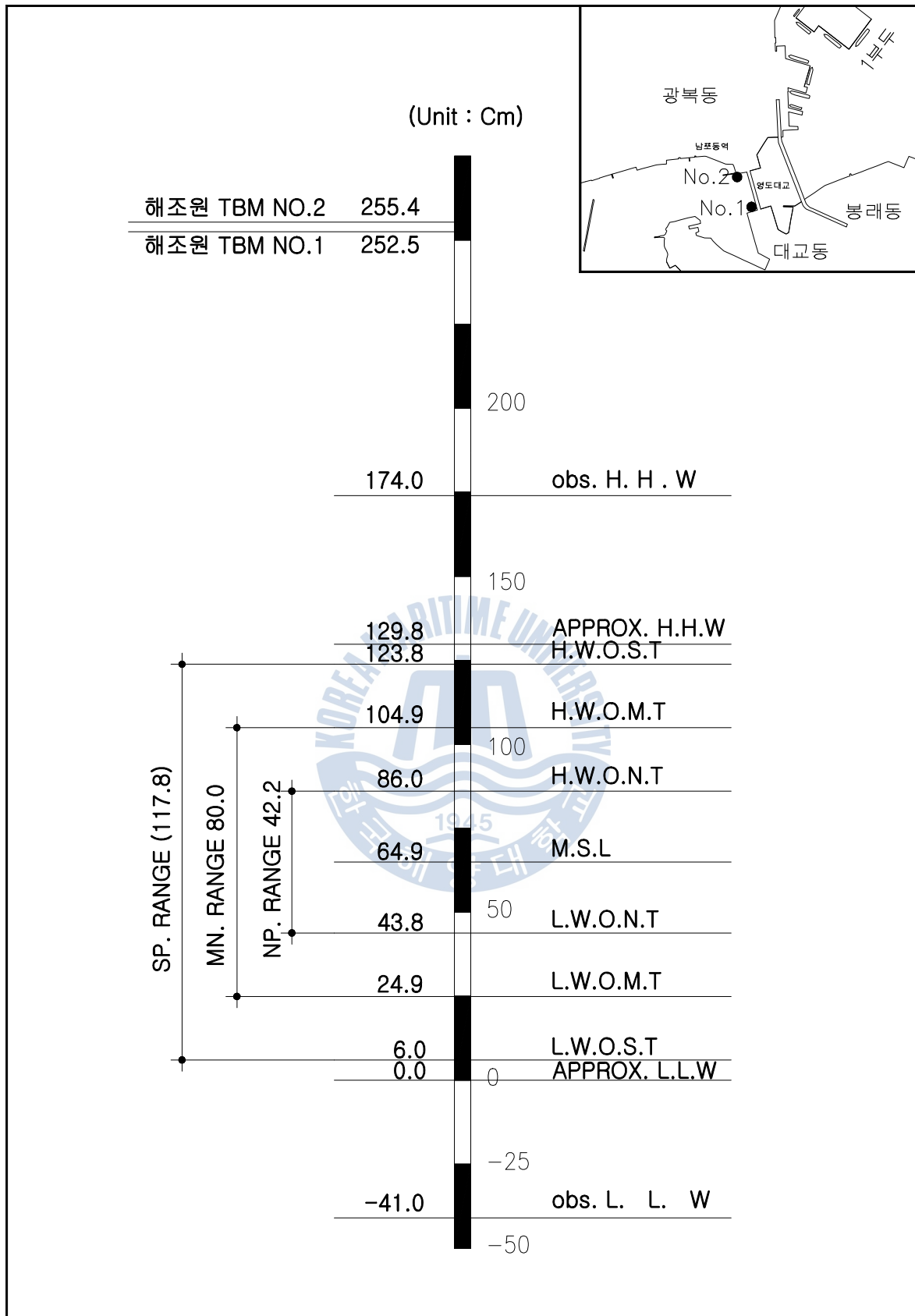
부산항 검조소의 조석자료에 따른 조위는 다음과 같다.

- 약최고 만조위(App. H.H.W.) : (+) 1.298m
- 대조평균 만조위(H.W.O.S.T.) : (+) 1.238m
- 평균 만조위(H.W.O.M.T.) : (+) 1.049m
- 소조평균 만조위(H.W.O.N.T.) : (+) 0.860m
- 평균 해면(M.S.L.) : (+) 0.649m
- 소조평균 간조위(L.W.O.N.T.) : (+) 0.438m
- 평균 간조위(L.W.O.M.T.) : (+) 0.249m
- 대조평균 간조위(L.W.O.S.T.) : (+) 0.060m
- 약최저 간조위(App. L.L.W.) : (+) 0.000m

11) 부산신항 도선운용 계획수립에 관한 기초연구, 2004. 11

<표 3-9> 부산항 조석의 조화상수

분 조		조화상수	반 조 차	지 각
조 화 상 수	M2	주태음반일주조	Hm : 40.0cm	Km : 232.8°
	S2	주태양반일주조	Hs : 18.9cm	Ks : 261.3°
	K1	일월합성일주조	H' : 4.4cm	K' : 137.1°
	O1	태음일주조	Ho : 1.6cm	Ko : 112.2°
평균해면의 높이 (기본수준면상) So = Hm + Hs + H' + Ho			64.9cm	
비 조 화 상 수	평균만조간격 M.H.W.I. km/29h		8시간 1분	
	고극조위 Obs.H.H.W.		174.0cm	
	약최고만조위 Approx.H.H.W.(2xSo)		129.8cm	
	대조평균만조위 H.W.O.S.T.(So+Hm+Hs)		123.8cm	
	평균만조위 H.W.O.M.T.(So+Hm)		104.9cm	
	소조평균만조위 H.W.O.N.T.[So+(Hm-Hs)]		86.0cm	
비 조 화 상 수	평균해면 M.S.L.(So)		64.9cm	
	소조평균간조위 L.W.O.N.T.(2HS+Ho+H')		43.8cm	
	평균간조위 L.W.O.M.T.(Hs+Ho+H')		24.9cm	
	대조평균간조위 L.W.O.S.T.[So-(Hm+Hs)]		6.0cm	
	약최저간조위 Approx.L.L.W		0.0cm	
	저극조위 Obs.L.L.W		-41.0cm	
	대조차 Spring Range 2(Hm+Hs)		117.8cm	
	평균조차 Mean Range 2Hm		80.0cm	
	소조차 Neap Range 2(Hm-Hs)		42.2cm	



<그림 3-7> 부산항 조위도

2) 조류

부산항 일대의 전반적인 조류 특성은 국립해양조사원 자료에 잘 나타나 있다. 즉, 창조류는 오륙도 부근으로부터 태종대 남측(생도 방향)으로 흐르며, 이것의 일부가 북내항으로 진입하여 영도대교를 지나 남항으로 흐른다. 낙조류는 창조류와 대체적으로 반대의 흐름을 보인다.

일반적으로 이러한 흐름은 강하지는 않으나, 외해와 접하는 해역에서는 약간 강한 흐름을 보여준다. 조류의 형태는 왕복성으로서 반일주기가 주류를 이루며, 일조부등이 심하고 잔해조의 영향이 크다. 전반적으로 낙조류가 창조류보다 우세하며, 낙조류의 지속시간은 7.0시간으로 창조류의 5.4시간보다 길다.

부산항의 조류는 지형적인 영향으로 주류대를 벗어난 항내는 유속이 미약하여 반류, 환류, 편류등 극히 불규칙한 현상이 나타난다.

(1) 부산 북항

이 부근의 창(낙)조류는 부산항 조석의 저조후(고조전) 0.4~0.7(0.7~1.4)시경에 전류하여 고조전(저조후) 0.7~1.4(0.4~0.7)시경까지 약 4.1~5.1(7.3~8.3)시간 지속되고 최강 창(낙)조류는 연간평균 대조기에 0.2~0.8(0.2~0.9)kn(신선대부두 부근 제1항로 약 0.3kn)로써 고(저)조전 3.5~3.9(3.0~3.6)시경에 최강이 일어난다.

(2) 부산 남항

이 부근의 창(낙)조류는 부산항 조석의 저(고)조전 1.5~3.1(1.2~1.4)시경에 전류하여 고(저)조전 1.2~1.4(1.5~3.1)시경까지 약 6.5~7.9(4.5~5.9)시간 지속되고 최강창(낙)조류는 연간평균 대조기에 0.5~0.7(0.3~0.7)kn이고, 고(저)조전 5.6~6.7(3.2~4.8)시경에 최강이 일어난다.

(3) 영도대교 아래

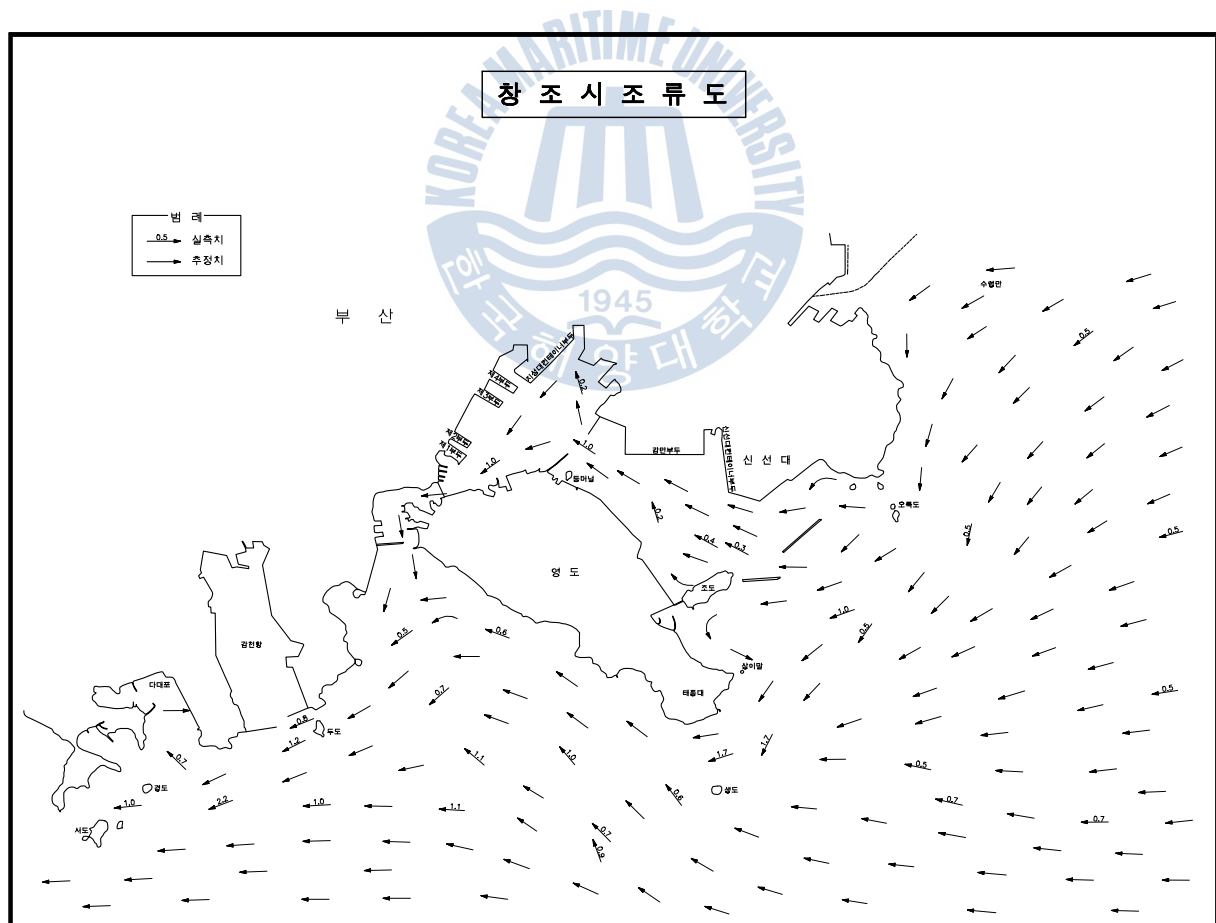
부산항의 남항과 북항을 통항하는 선박의 주요 수로로서 수로폭이 좁아 유속

이 강하게 흐르고 선박통항이 빈번하여 항해에 주의를 요하며, 지형적인 영향으로 부근의 유향과 상이하다.

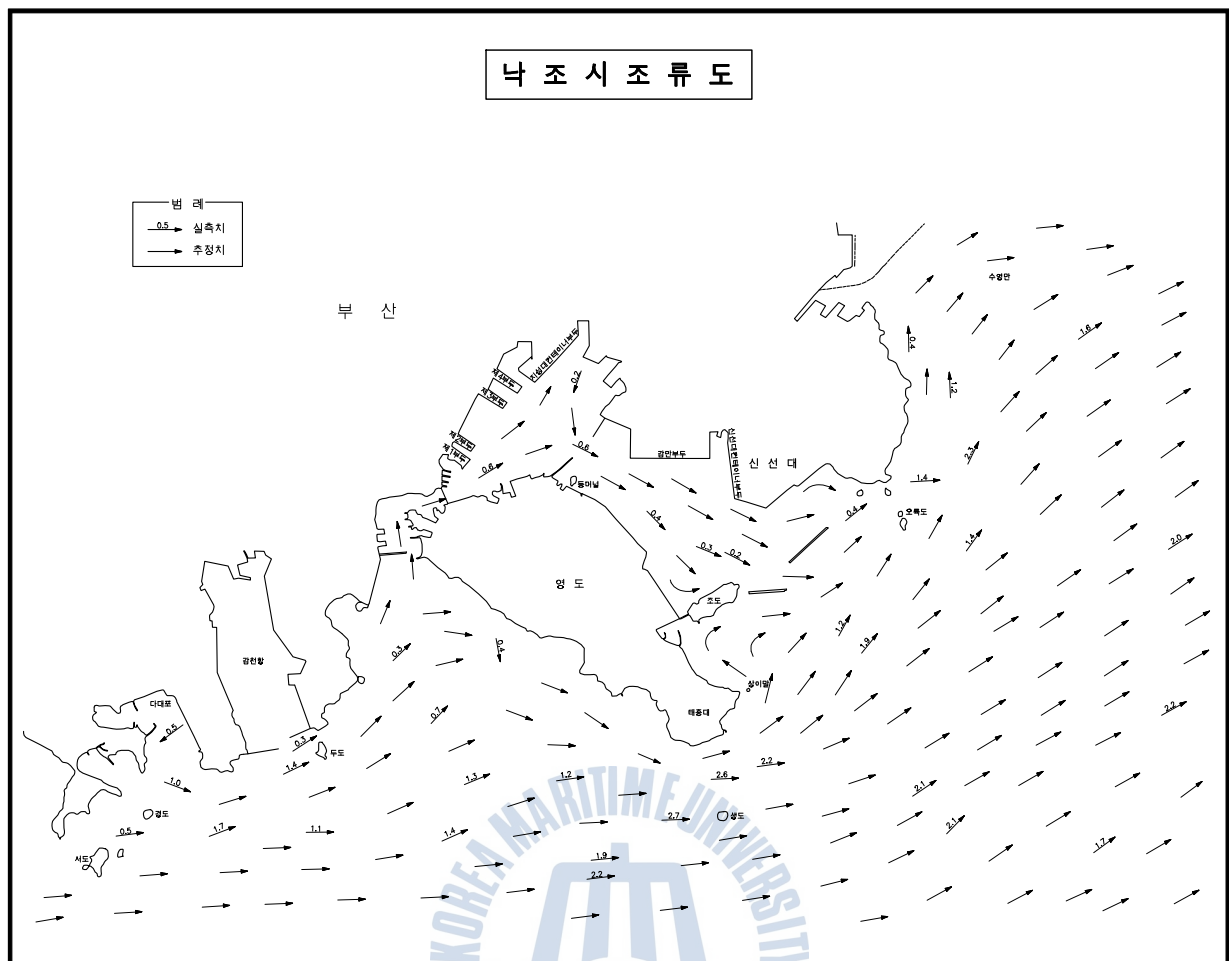
동(서)류는 고(저)조전 2.1(1.5)시경에 전류하여 저(고)조전 1.5(2.1)시경까지 약 6.8(5.6)시간 지속되고, 최강 동(서)류는 연간평균 대조기에 2.2(1.6)kn이고, 동·서류 다 같이 고·저조 후 1.3시경에 최강이 일어난다.

(4) 부산 신항

부산 신항 가덕수도내의 조류는 대체적으로 항로에 나란히 흐르며 최강 창조류는 0.9~1.4노트, 최강 낙조류는 1.0~2.4노트이다. 서방파제 부근에서는 1.0노트 이내로 줄어들고, 토도 호란도 안쪽의 항내에서는 0.3노트 이내로 줄어든다. 다만 각 구간의 조석류는 해안의 형상에 따라 그 방향과 세기가 일정하지 않음에 주의하여야 한다.



<그림 3-8> 창조시 조류도



<그림 3-9> 낙조시 조류도

3.1.6 태풍

태풍은 북태평양 서부에서 발생하는 열대성 저기압 중에서 중심부근의 최대 풍속이 17m/sec 이상의 강한 폭풍우를 동반하고 있는 것을 말하는데, 폭풍우는 반드시 태풍에만 동반되는 것이 아니고 온대성 저기압에서도 발생하는 경우가 많으나 그 발생원인과 양상이 다르기 때문에 열대성 저기압과 온대성 저기압은 구별되고 있다.

세계기상기구(WMO)에서는 중심부근의 최대풍속에 따라 4계급으로 분류하며, 열대폭풍부터 태풍의 이름을 붙인다. 우리나라와 일본은 열대폭풍(TS)이상을 태풍이라고 부른다.(<표 3-10> 참조)

<표 3-10> 태풍의 구분

중심부근 최대풍속	17m/s (34노트 미만)	17~24m/s (34~47노트)	25~32m/s (48~63노트)	33m/s (64노트 이상)
세계기상기구	약한 열대 저기압 Tropical Depression(TD)	열 대 폭 풍 Tropical Storm(TS)	강한 열대폭풍 Severe Tropical Storm (STS)	태 풍 Typhoon (TY)
한 국 일 본	약한 열대 저기압	태 풍		

자료 : 기상청 (2003년)

우리나라에 영향을 주는 태풍은 한 해에 3개 정도이며, 태풍 내습의 최다월은 8월, 7월, 9월의 순이고 3개월 동안에 내습한 태풍의 수가 전체의 91%에 달하며, 드물게 6월, 10월에도 내습하는 경우가 있다.

<표 3-12>는 1958년부터 2010년까지 53년간 부산지방에 영향을 미친 주요 태풍의 최대순간풍속과 풍향을 정리한 것이다. 순간순간의 풍속을 순간풍속이라 하며 어느 기간 내의 기록 중 최대의 순간풍속을 최대순간풍속이라고 한다. 이것은 지형과 바람의 상태 등에 따라 다르지만 대략 최대풍속의 1.5-1.7배나 된다. 최대순간풍속은 선박의 안전과 항만구조물 및 하역기기 등의 안정성에 큰 영향을 주는 중요 요소로써, 이 표에서는 최대순간풍속 20.0m/s 이상을 분석 대상으로 하였다.

53년 동안에 우리나라에 내습하여 부산지방에 최대순간풍속 20.0m/s 이상의 바람을 불게 한 주요 태풍의 수는 총 50개로 1년에 약 1개이다. 최대순간풍속 40.0m/s 이상의 매우 강한 태풍은 5914 SARAH, 8712 DINAH, 9503 FAYE, 0314 MAEMI(총 4개)가 있었고, 최대순간풍속이 30.0m/s 이상-40.0m/s 미만의 강한 태풍은 5819 GRACE, 6015 CARMEN, 6209 NORA, 6304 SHIRLEY, 6807 POLLY, 7408 GILDA, 7910 IRVING, 8613 VERA, 9109 CAITLIN, 9112 GLADYS, 9119 MIREILLE, 9307 ROBYN, 0613 SHANSHAN(총 13개)이 있었다. 결과적으로 최대순간풍속이 30.0m/s 이상의 태풍은 총 17개로 전체의 34%를 차지하였다.

최대순간풍속이 관측되어지는 주요 풍향은 북동계열(NNE, NE, ENE 포함)과 남서계열(SSW, SW, WSW 포함)로 각각 전체의 45%와 36%를 차지하였고, 그 외의 풍향은 서로 비슷한 분포를 보였다.

부산지방에 영향을 주는 태풍의 내습 시기는 8월 42%, 9월 23%, 7월 23%의 분포를 보인다. 우리나라 전체로 보았을 때, 영향을 주는 태풍의 내습 시기는 8월 37%, 7월 29%, 9월 26%의 분포를 보이는 것과 비교해보면, 상대적으로 부산지방은 7월보다 9월의 내습 빈도가 높다고 보아야 한다. 또, 부산지방은 지리적인 위치 관계로 우리나라에 내습하는 태풍의 우측반원(위험반원)에 위치할 확률이 높으므로 상대적으로 더 많은 피해를 입을 가능성이 있다.

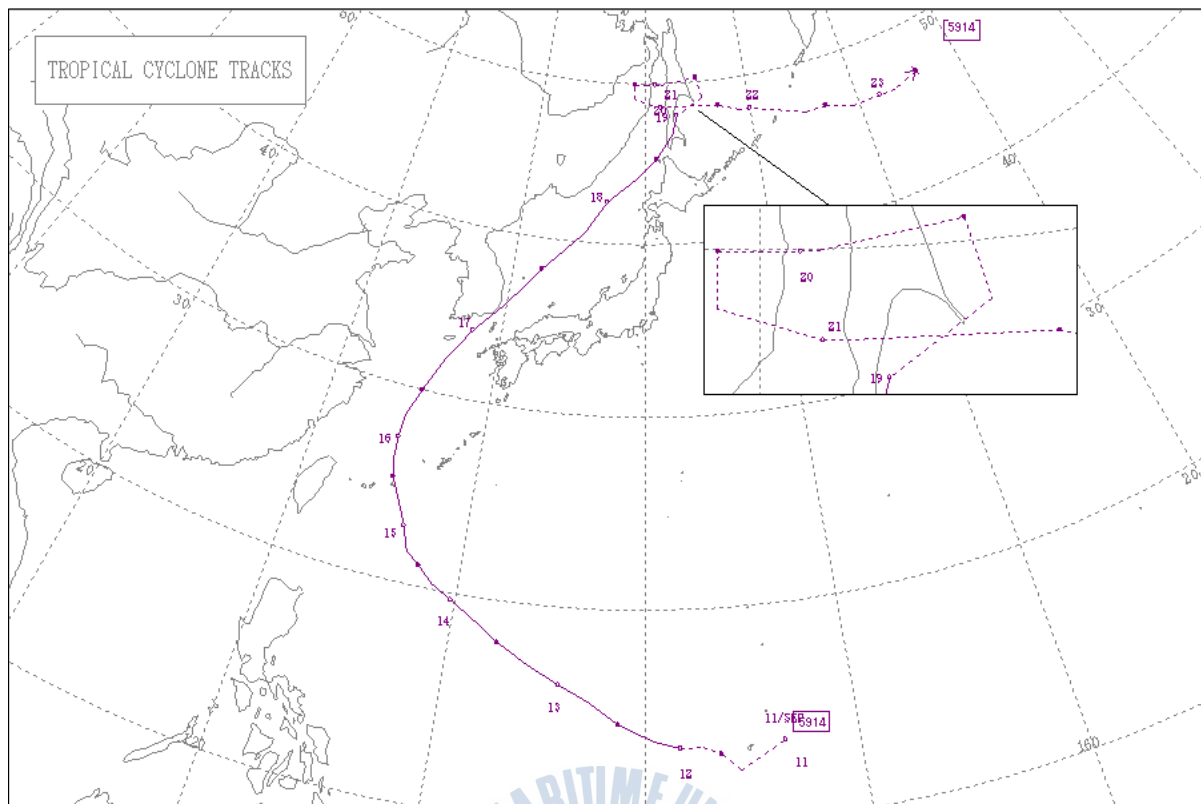
부산지방에서 관측되어진 태풍 관련 주요 최고기록은 <표 3-11>과 같다. 최대풍속은 1959년 태풍 SARAH(<그림 3-10> 참조), 최대순간풍속은 1987년 태풍 DINAH(<그림 3-11> 참조) 내습 시에 관측되어졌다. 그리고 일최다강수량은 439.0mm로 1991년 태풍 GLADYS(<그림 3-12> 참조)가 내습했을 때, 1시간 최다강수량은 1984년 태풍 JUNE(<그림 3-13> 참조)가 영향을 미쳤을 때 기록되었다. 이들 태풍은 거의 8월 하순에서 9월 상순, 중순에 우리나라에 영향을 미쳤다는 공통점이 있어 이 시기에 내습하는 태풍에 대하여 각별한 주의가 요구된다. 그리고 이들 태풍의 공통점은 우리나라 남해를 통과하거나 남해안에 상륙한 경우에 해당한다.

<표 3-11> 부산지방의 태풍 관련 최고 기록

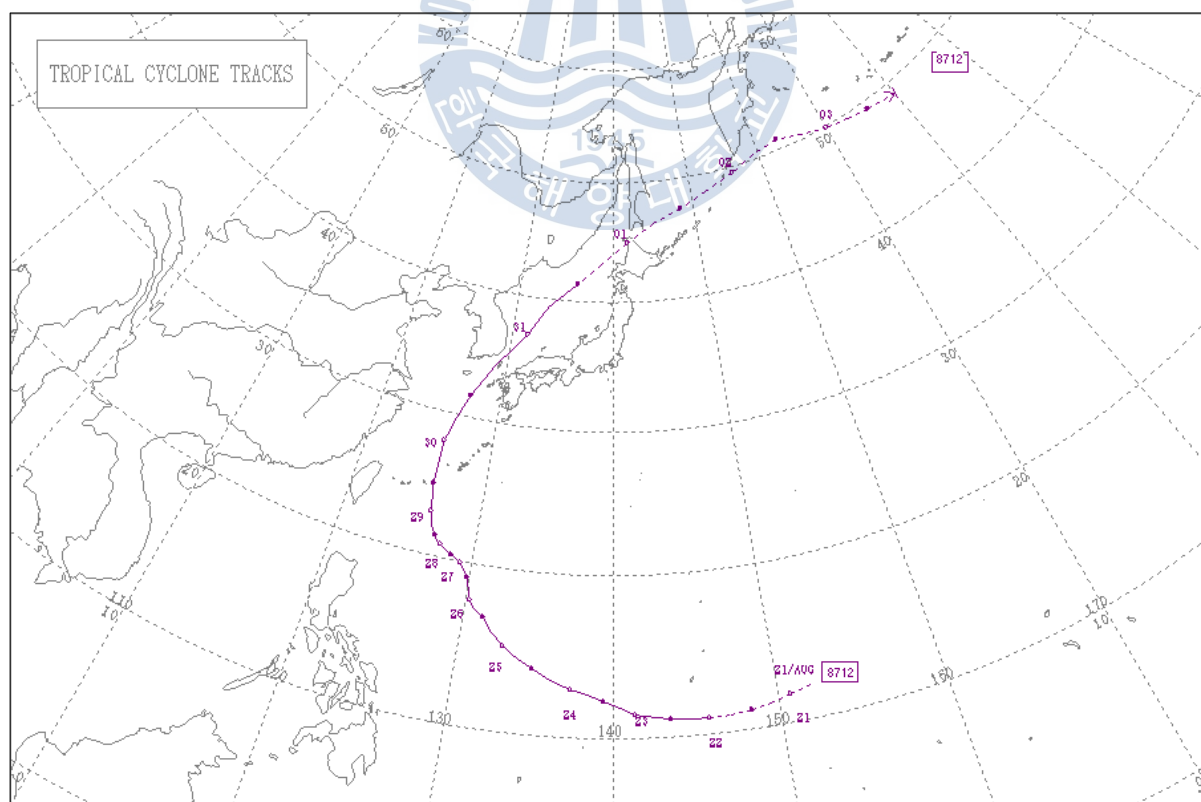
요 소	태풍 번호 및 이름	시 기
최대 풍속 34.7m/s	5914 SARAH	1959. 9. 15-19
최대 순간풍속 43.0m/s	8712 DINAH	1987. 8. 30-31
일 최다강수량 439.0mm	9112 GLADYS	1991. 8. 22-26
1시간 최다강수량 86.7mm	8412 JUNE	1984. 9. 2-3

<표 3-12> 부산지방에 영향을 미친 주요 태풍의 최대 순간풍속(m/s)과 풍향

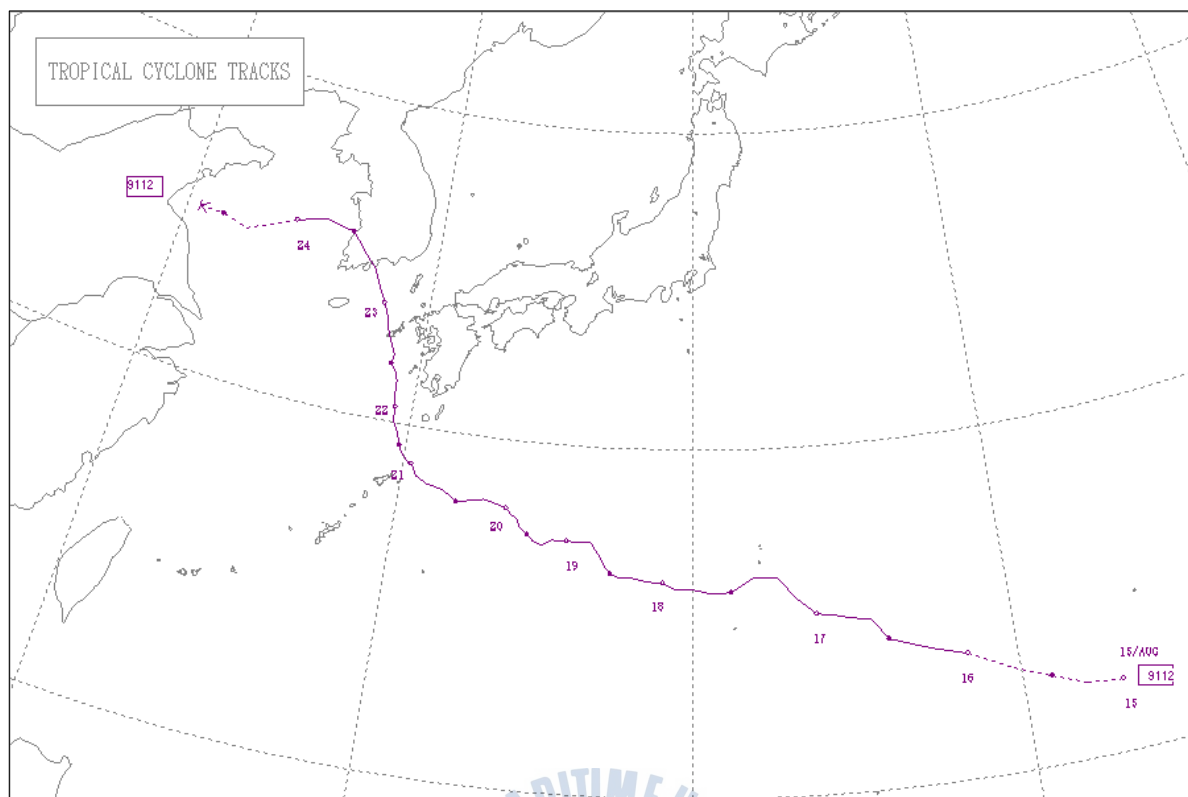
태풍번호 및 이름	풍향	최대순간풍속	태풍번호 및 이름	풍향	최대순간풍속
5819 GRACE	S	33.1	8013 ORCHID	N	25.3
5904 WILDA	SSW	28.0	8120 CLARA	SSW	21.7
5909 JOAN	SSW	25.0	8412 JUNE	SW	24.6
5914 SARAH	ENE	42.7	8613 VERA	SSE	32.1
6015 CARMEN	SSW	30.1	8712 DINAH	NE	43.0
6104 BETTY	SW	25.8	8906 ELLIS	NE	20.6
6110 HELEN	S	23.3	8911 JUDY	ENE	25.3
6209 NORA	SW	32.0	9005 OFELIA	SW	27.0
6210 OPAL	SW	28.2	9109 CAITLIN	ENE	33.0
6217 AMY	SW	24.7	9112 GLADYS	NNE	31.1
6304 SHIRLEY	SSW	39.0	9117 KINNA	NE	25.2
6309 BESS	NNE	22.3	9119 MIREILLE	N	38.0
6513 HARRIET	SW	21.5	9307 ROBYN	NE	31.1
6615 WINNIE	NNE	23.6	9313 YANCY	NE	20.6
6617 BETTY	SSW	24.5	9503 FAYE	SE	42.3
6804 MARY	NNE	25.3	9711 TINA	SW	22.8
6807 POLLY	NE	32.4	9719 OLIVA	NE	22.8
7004 RUBY	SSW	26.8	0306 SOUDELOR	NNE	20.2
7009 WILDA	NNE	21.7	0314 MAEMI	SE	42.7
7209 TESS	NNE	23.1	0415 MEGI	WSW	23.0
7220 HELEN	NW	22.7	0515 NABI	NE	26.4
7408 GILDA	NE	33.4	0610 WUKONG	SE	27.3
7615 DOT	SSW	24.4	0613 SHANSHAN	NNE	32.5
7707 AMY	NNE	22.7	0711 NARI	SSW	21.3
7910 IRVING	S	33.0	1004 DIANMU	SSE	24.5



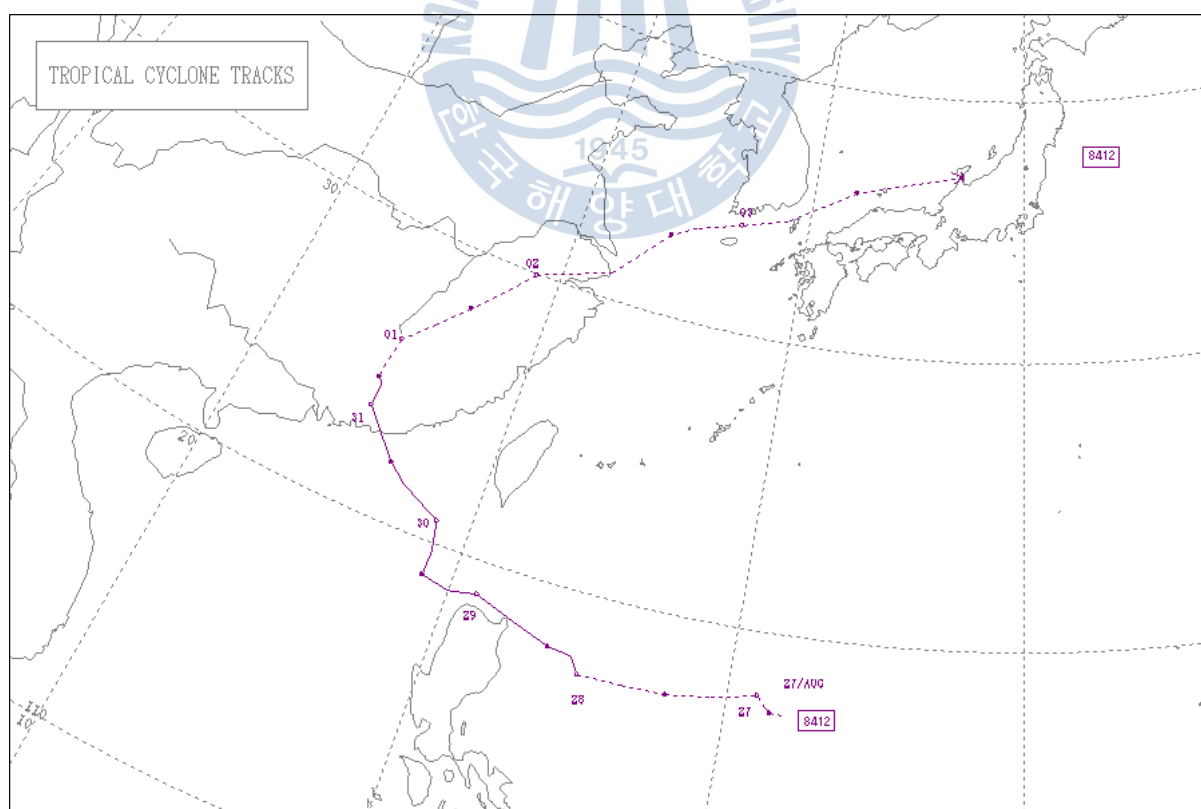
<그림 3-10> 태풍 5914 SARAH의 이동경로(출처 : JMA)



<그림 3-11> 태풍 8712 DINAH의 이동경로(출처 : JMA)

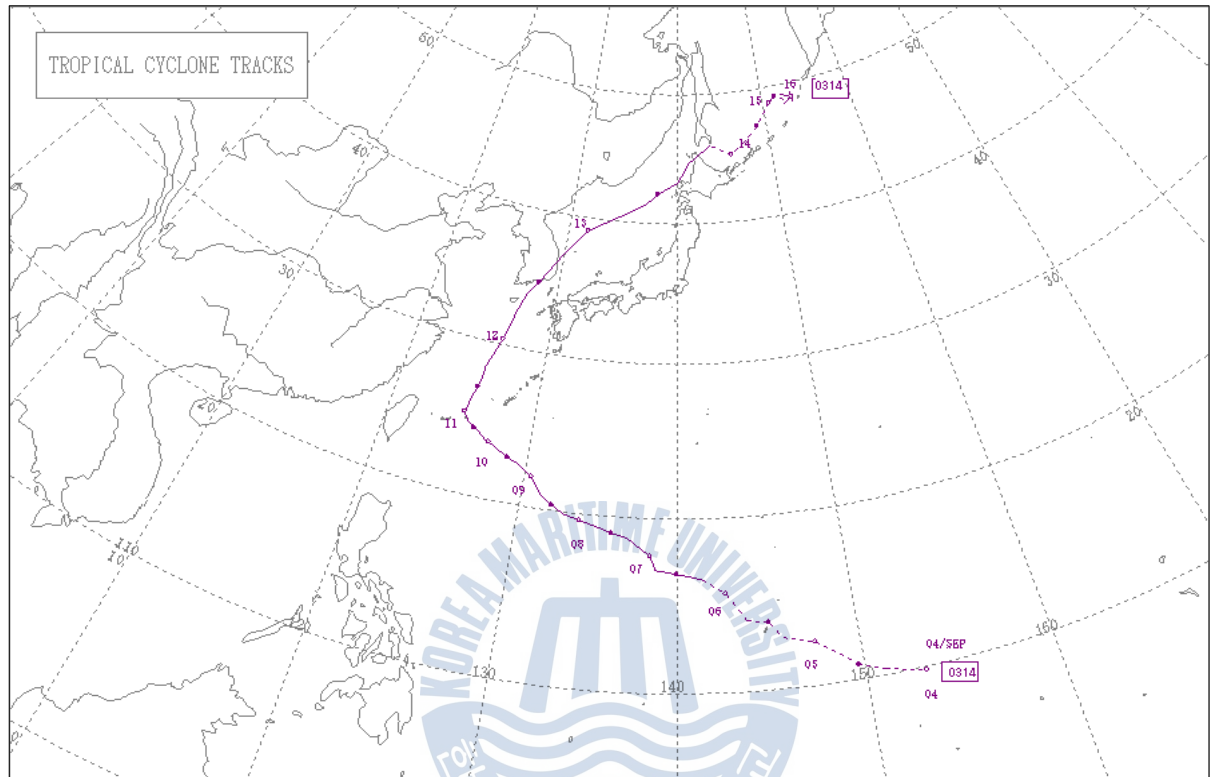


<그림 3-12> 태풍 9112 GLADYS의 이동경로(출처 : JMA)



<그림 3-13> 태풍 8412 JUNE의 이동경로(출처 : JMA)

2000년 이후, 부산 부근 해역을 포함하는 남해 동부에 큰 영향을 미친 태풍으로는 0314 MAEMI(<그림 3-14> 참조)를 들 수 있다. 2003년 9월 12~13일에 우리나라 남해안을 통과하면서 전국에 영향을 미친 태풍 MAEMI에 의한 기상재해는 특히 경남지역에서 현저하였다.



<그림 3-14> 태풍 0314 MAEMI의 이동경로(출처 : JMA)

그 당시 경남지역은 태풍 이동축의 우측반원(위험반원)에 해당하였고, 그에 따라 매우 강한 바람과 높은 파도, 외해로부터 육지 쪽으로의 해수 압류, 그리고 낮은 중심기압의 유지 및 복잡한 해안선 및 지형 등으로 많은 피해(전국 사망·실종 131명, 이재민 61,844명(19,851세대), 주택 전파·반파 5,100동, 선박 전파·반파 5,926척, 침수면적 36,153ha, 농경지 유실·매몰 4,847ha, 재산상의 피해액 4,222,486백만원 중에서 경남 1,905,804백만원으로 가장 많았음)를 입은 적이 있다. 9월 12일 20시 경, 남해안인 경남 사천시 부근에 태풍 MAEMI가 상륙하였는데, 그 때 통영에서 관측된 해면기압은 954hPa로 우리나라에 영향을 미친 태풍 중에서 두 번째로 낮은 기압을 보였으며(1위는 1959년 태풍 사라(SARAH), 부산 951.5hPa 관측), 최대순간풍속은 제주와 고산에서 각각 60.0m/s를 기록하여 1904년 우리나라 기상 관측 이래 극값을 경신하였다.

3.1.7 파랑

부산항은 남해안과 동해안의 일반적인 기후 특성인 동절기 계절풍과 하절기 태풍에 의한 파랑의 영향을 크게 받는 곳이다. 그러나 대부분의 부산항 부근 해역은 선박안전법 상의 평수구역 제9구에 포함되어 있는 비교적 선박의 운항 관점에서 안전한 수역이라고 말할 수 있다.

항행구역 합리적 조정을 위한 기초연구 용역 최종보고서(해양수산부, 2000년 12월)의 결과에 의하면 평수구역 제9구의 평균유의파고는 전년(全年)에 걸쳐 0.1m 이내이고, 최대유의파고는 1.5m 정도이다. 평수구역 내에 위치한 지점들의 계절별 평균유의파고는 4계절을 통하여 최고 0.2m의 낮은 분포를 보이고, 계절별 최대유의파고는 0.8-1.5m의 분포를 보인다. 1.5m의 최대유의파고는 여름과 가을에 나타나는데 이는 그 계절에 우리나라에 내습하여 바다 상태에 영향을 주는 태풍에 의한 것이다.

<표 3-13>과 <표 3-14>는 부산항 부근의 평수구역 제9구내에 위치하는 지점들의 계절별, 월별 평균유의파고와 최대유의파고(파향 포함)를 나타낸 것이다. 각 지점의 위치는 다음과 같다.

- A지점 : 북위 35도 03분, 동경 128도 45분
- B지점 : 북위 35도 02분, 동경 128도 48분

<표 3-13> 평수구역 제9구 내 지점의 평균유의파고(m)

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전 기간
A지점	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
B지점	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<표 3-14> 평수구역 제9구 내 지점의 최대유의파고(m) 및 파향

계절 지점	봄	여름	가을	겨울	전 기간
A지점	1.1(SSE)	1.5(SSE)	1.5(SSE)	0.8(SSE)	1.5(SSE)
B지점	0.2(WSW)	0.2(WSW)	0.2(WSW)	0.1(WSW)	0.2(WSW)

3.2 부산항만의 항행여건

3.2.1 속력의 제한

부산항 항만운영세칙에서 정한 항만 내에서 속력의 제한은 아래의 <표 3-15>와 같다.

부산항의 경우, 외항 방파제 밖의 교통안전특별해역내의 항로상에서는 10 노트의 속력제한이 있으며, 신감만 부두 전면에서는 7 노트로 제한하고 있는데 이것은 통항선박의 항주파(발산파)에 의한 계류색(계류삭, 繫留索, Mooring line)의 절단을 방지하도록 하기 위함이고, 내항 방파제 안쪽은 8 노트로 제한하고 있다. 이 규칙에 따르면 외항 방파제 바깥 직선항로가 시작되는 지점에서 신감만 부두 앞까지는 명확한 속력제한이 없다고도 해석된다.

신항만은 가덕수도에서의 속력제한은 명시적으로 없으며, C등부표 주위의 주의구역(Precautionary Area)에서는 12 노트, 신항수로 즉, 5항로 내에서는 10 노트의 제한이 있다.

<표 3-15> 부산항 속력제한

제한 수역	대상 선박	제한 속도	비 고
남항	모든 선박	8 노트 이하	
북내항	G/T 500미만 여객선	12 노트 이하	
	기타 모든 선박	8 노트 이하	
북외항	G/T 1,000이상	7 노트 이하	신감만 부두 앞(*권고사항임)
감천항	모든 선박	10 노트 이하	
부산신항	모든 선박	10 노트 이하	제 5항로 내

3.2.2 감속법

극미속이 높은 선박은 감속의 필요성 때문에 기관을 계속해서 사용할 수 없다. 이럴 경우 기관을 단속적으로 사용하여야 하는데 실린더 라이너의 균열로 인한 누수, Starting air 압력저하 등 여러 가지 이유로 시동이 되지 않을 경우를 대비하여 기관정지와 시동 지점을 주의 깊게 선택할 필요가 있다. 변침을 앞둔 시점이나 방파제를 통과하기 직전에 기관을 정지하는 것은 기관시동 실패의 위험성 때문에 바람직하지 않고, 방파제를 통과한 후나 회두가 끝나고 정침이 된 시점에 정지하는 것이 안전하다. 공간적으로 여유가 있는 항로에서는 기관을 단속적으로 사용하면서 필요시에는 러더 로테이팅(Rudder rotating) 감속법을 사용할 수도 있다.

극미속이 낮은 경우나 CPP기관 장치선의 경우, 기관을 계속적으로 사용하면서 원하는 침로를 유지할 수 있어 기관 시동 실패에 따른 위험부담이 작아서 안전하다. 추가적인 감속이 필요한 경우에는 기관을 극미속전진으로 계속 사용하면서 지그재그 감속법을 사용할 수도 있다.

부두 전면에서의 감속은 기관을 정지하고 타력으로 진행하면서 수저항에 의한 체감(遞減, gradually decrease)방법을 사용하는데, 만재한 거대형 컨테이너선에서 외력이 없는 경우 1 노트 감속에 대략 2L 내지 3L이 필요함으로 기관 정지 후 접안위치 도달시의 선속을 추정할 수 있다. 후진기관이 시동되지 않을 경우 Tailing 예선을 이용하여 정선해야 함으로 어떠한 경우라도 접안위치 도달 시 2 노트가 넘지 않도록 속력을 조절하여야 하고, 만재한 거대형 컨테이너선의 경우에는 1노트 이하가 되도록 하는 것이 좋다.

3.2.3 항로폭 기준

항로폭은 국제적으로 통용되는 몇 가지 기준이 있는데, 거대형 컨테이너선의 경우 부산 북항의 350m 폭은 왕복항로 폭으로서는 충분하지 않으므로 이러한 선박이 방파제 부근에서는 크기를 불문하고 타선박과 조우하지 않도록 통과 시간을 조정하여야 한다. 신항항로는 주항로의 최소폭이 570m로 대부분의 구역에서 쌍방교통이 가능하지만 대각도 변침을 하여야 하는 토도와 호란도 사이

(폭 420m), 변침을 시작하거나 변침에서 회복구간인 토도와 한진부두 사이(폭 540m) 및 토도 서측항로(폭 510m)에서는 크기를 막론하고 타선박과 교행하지 않도록 하여야 한다. 국제적인 항로폭의 기준은 아래의 <표 3-16> 및 <표 3-17>과 같다¹²⁾

1) 기준에 따른 소요 왕복항로 폭

<표 3-16> 기준에 따른 소요 항로 폭(왕복항로)

구분	왕 복 항 로 폭(m)			
	기준	8,000 TEU급	10,000 TEU급	12,000 TEU급
		L: 334m B: 42.8m	L: 365m B: 45.6m	L: 385m B: 55.0m
항만 및 어항 설계기준	1.5L	501	547.5	577.5
PIANC 권고사항	8~10B	342.4~428	364.8~456	440~550
PDPMT	7B~9B	299.6~385.2	319.2~410.4	385~495
Port Engineering	7.3B~9.5B	312.4~406.6	332.9~433.2	392.3~522.5
Port Development	7B	299.6	319.2	385

2) 기준에 따른 소요 편도항로 폭

<표 3-17> 기준에 따른 소요 항로 폭(편도항로)

구분	편 도 항 로 폭(m)			
	기준	8,000 TEU급	10,000 TEU급	12,000 TEU급
		L: 334m B: 42.8m	L: 365m B: 45.6m	L: 385m B: 55.0m
항만 및 어항설계기준	1L	334	365	385
PIANC 권고사항	3~4B	128.4~171.2	136.8~182.4	165~220
PDPMT	4.5B~6B	192.6~256.8	205.2~273.6	247.5~330
Port Engineering	4.6B~5.2B	196.9~222.6	209.8~237.1	253~286
Port Development	5B(직선항로)	214	228	275
	6B(곡선항로)	256.8	273.6	330

12) 부산항도선사회, '부산신항 도선운용 계획수립에 관한 기초연구, 2004: 49

3.2.4 예선

부산항의 예선 사용에 관해서는 부산항예선운영세칙에 따른다. 최대로는 기존의 4,500마력급 예선에서 선박의 대형화 추세에 따라 6,000마력급까지 등장하고 있다.

다음의 <표 3-18> ~ <표 3-20>은 부산 북항과 부산신항에 적용되고 있는 예선의 예항력 등급기준 및 예선 사용규정이다.¹³⁾

1) 예선의 예항력 등급 기준

예항력 기준표에 의하면 기관출력 100마력당 1.1톤 이상의 예항력을 요구하고 있는데, 이는 모든 Z-peller 예인선이 충족하는 것이다.

<표 3-18> 예선의 예항력 등급 기준

등 급	예항력 규모	등 급	예항력 규모
저마력	1,500마력 미만	고마력	2,500마력 이상~3,200마력 미만
중마력	1,500마력 이상~2,500마력 미만	대마력	3,200마력 이상

2) 예선 사용기준(예선 사용선박 규모 기준)

(1) 접·이안 보조장비를 설치하지 않은 선박

접·이안 보조장비를 설치하지 않은 선박은 일반적으로 선령이 오래된 재래선박들이거나 소형선들로서 선수에 바우 쓰러스터와 같은 예선의 기능을 대신할 수 있는 조종장치를 설치하지 않은 선박들을 일컫는다. 이러한 선박들은 부두의 접·이안 작업 시에 선체의 횡이동 조종을 위해서는 예선의 도움이 필수사항이다.

13) 부산지방해양항만청, ‘부산항 예선운영세칙’ 2007

<표 3-19> 접·이안 보조장비를 설치하지 않은 선박

예선사용 선박규모별 (G/T기준)	사용예선		예선사용 선박규모별 (G/T기준)	사용예선	
	등 급	척수		등 급	척수
1천톤 이상 - 5천톤 미만	저마력	1척	4만톤 이상 ~ 7만톤 미만	중마력 고마력 대마력	1척 1척 1척
5천톤 이상 - 1만톤 미만	저마력 중마력	1척 1척	7만톤 이상 ~ 10만톤 미만	중마력 고마력 대마력	1척 1척 2척
1만톤 이상 - 2만톤 미만	중마력	2척	10만톤 이상	고마력 대마력	2척 2척
2만톤 이상 - 4만톤 미만	고마력	2척			

(2) 접·이안 보조장비를 설치한 선박(참고 사항)

접·이안 보조장비를 설치한 선박이란 선수에 바우 쓰러스터와 같은 예선의 기능을 대신할 수 있는 조종장치를 설치한 선박들을 일컫는다. 이러한 선박들은 부두에서의 접·이안 작업시에 선수에서는 예선의 도움이 없이도 선체에 장착된 바우 스러스터로서 선체의 횡이동 조종이 가능하다.

최근 들어서, 대형 크루즈선들은 다수의 대형 바우 쓰러스터에 추가하여 AZ-Pod(Azimuth Pod)라는 360° 선회가 가능한 특수추진기가 주추진장치(主推進裝置)를 겸하여 선미 하부에 설치되어 있어서 30노트의 풍속 하에서도 예선의 도움 없이 접·이안 조종이 가능하도록 되어 있다.

접·이안 보조장비를 장착한 선박에서도 출력부족이나 고장에 대한 사용상의 주의가 요망된다. 또한 접·이안 보조장비가 설치된 선박의 예선 사용 척수와 마력을 선장과 도선사가 협의하여 정하도록 한 현행 규정은 오용의 소지가 있으므로 최소한의 한계를 정하는 규정의 개정이 요구된다.

<표 3-20> 접·이안 보조장비를 설치한 선박(참고 사항)

예선사용 선박규모별 (G/T기준)	사용예선		예선사용 선박규모별 (G/T기준)	사용예선	
	등 급	척수		등 급	척수
5천톤 이상 - 1만톤 미만	중마력	1척	4만톤 이상 - 7만톤 미만	고마력 대마력	1척 1척
1만톤 이상 - 2만톤 미만	중마력	1척	7만톤 이상	대마력	2척
2만톤 이상 - 4만톤 미만	대마력	1척			

3) 부산항 예선 현황

부산항에 등록되어 선박들의 접·이안 조종에 사용되고 있는 예선현황은 다음의 <표 3-21>과 같다.

<표 3-21> 부산항 예선 현황 (합계 33척)

선명	마력	선명	마력	선명	마력
601백룡호	6000	3용성호	5800	목련호	5220
고려1호	4500	501해룡	4500	502해룡	4500
606선진	4500	용성	4500	개나리	4500
킹5호	4400	고려8호	4320	고려9호	3600
707선진	3600	동백1호	3500	307대룡	3200
용덕	3200	킹1호	3100	202선진	2600
고려2호	2480	고려7호	2400	9황룡	2400
국화1	2400	3선진	2400	5선진	2400
용광	2090	삼우	2000	진달래	1880
고려6호	1880	108청룡	1400	메타3호	1400
107청룡	1350	303선진	1300	도라지	1300

3.3 항만조선에서의 선체침하¹⁴⁾

부산항만과 같이 선박의 크기에 비하여 항로의 수심이 비교적 얇고 항로폭은 좁아서 항행이 제한된 수역에서는 수심이 깊은 곳과는 다른 유체역학적인 현상으로 인해 천수현상, 측벽현상과 같은 제한수로의 현상이 발생하여 조선에 커다란 영향을 미친다.

3.3.1 항주중 선체침하 및 트림의 변화

선박이 항주하고 있을 때의 선체침하 및 트림 변화는 심수역 항행시, 천수역 항행시, 천수역에서 선회하는 경우 및 선체의 동요에 따른 선체 침하 등과 같이 나누어서 고찰할 수 있다.

1) 심수역 항주시 선체침하 및 트림 변화

(1) 항주중 선체 주위의 유속과 그에 따른 수압

선박이 항주시 선수미에서는 유속이 느리고 압력과 수위가 높으며 동선(動線)이 긴 선체 중앙부에서는 유속이 빠르고 압력이 낮다. 이와 같이 선체 주위의 압력과 수위의 분포가 변하기 때문에 선체가 새로운 수위에 대응하는 자세를 취하는 이유로 인하여 정지 때보다 선체가 더 침하하고 트림도 변하게 된다. 천수역 항주시에 이러한 현상이 뚜렷하게 나타나며 수심이 깊은 곳에서도 항주중 선체침하가 있으나, 그 양은 미미하고 여유수심도 충분히 있기 때문에 조선상 그 영향을 별로 주지 못한다.

(2) 수심이 충분한 곳에서 트림의 변화

① 파의 수

선체가 타고 넘는 파의 수가 둘 이상이 되는 경우에는 평형을 이루지만, 둘 이하일 때에는 선수미 쪽의 지지대중 어느 한쪽이 없어지는 것과 같은 결과가 되고, 파고에 의한 추가의 부력중 어느 한쪽이 없어진 것과 같이 되므로 트림

14) 한국해대 마린에듀텍, 선박조종능력향상교육(Ship Handling Simulation Training Course), 2013

이 발생한다.

② 선박이 타는 파의 수를 구하는 방법

선체장과 파장에 의하여 구하여지며, 선박이 타는 파의 수를 N이라 하면,

$$N = \frac{\text{선체장}(L)}{\text{파장}(L_w)} \text{이 된다.}$$

여기서, 선박이 항행함으로써 생기는 파속(V_w)은 선속(V)과 같으므로,

$$V_w = V \text{이며, 또한 } V_w = \sqrt{\frac{gL_w}{2\pi}} \text{ 이므로}$$

$$V_w^2 = V^2 = \frac{gL_w}{2\pi} \text{ 이다.}$$

이것을 $N = \frac{L}{L_w}$ 에 대입하면

$$N = \frac{gL}{2\pi V^2} = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{\left(\frac{V}{\sqrt{gL}}\right)^2} \text{를 얻는다.} \left(\frac{V}{\sqrt{gL}} \Rightarrow \text{Froude No.}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2\pi} \times \frac{gL}{V^2} = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{\frac{V^2}{gL}}$$

$$\frac{0.159}{(\text{F.No.})^2} = 2 \quad \therefore \frac{0.159}{(0.2821)^2} = 2 \quad (\Rightarrow \text{파도수})$$

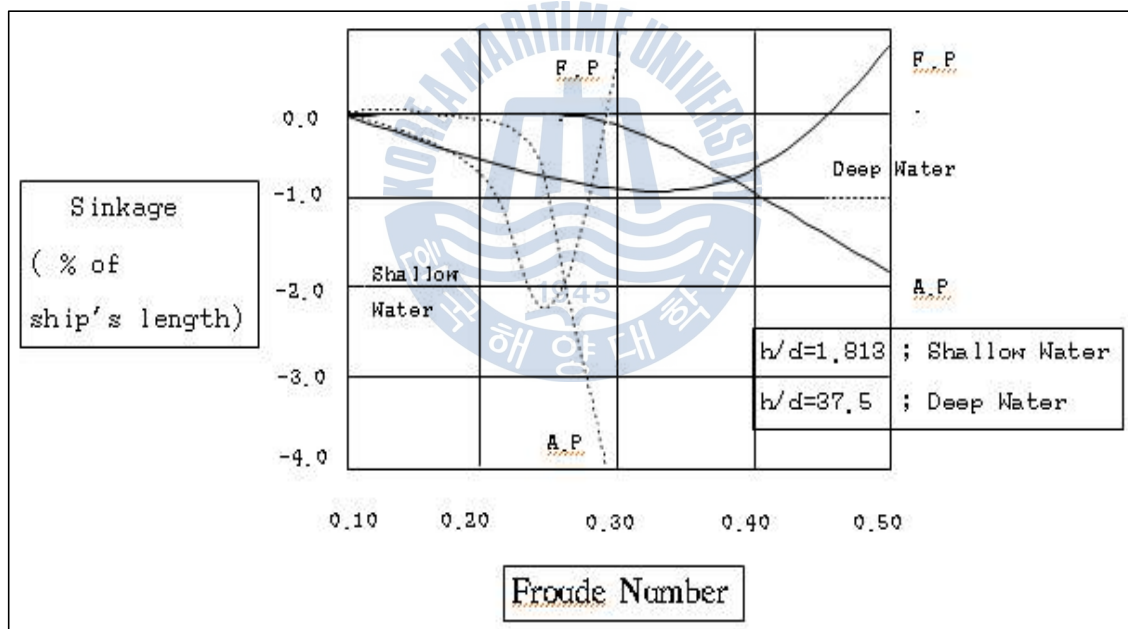
F.N.=0.28(≒0.3)에서
2개의 파도를 탄다.

즉, 선박이 타는 파의 수는 Froude Number(F.N., F.No., F_n)에 반비례함을 알 수가 있다. 또한, 위의 식에서 보는 바와 같이 F.N.≒0.3을 경계로 하여 타는 파의 수(N)가 둘 이상이 되거나 그 미만인 되므로 선속이 F.N.≥0.3에서는 N이 적어져서 파도를 둘 미만으로 타므로 트림이 발생하고, F.N.<0.3에서는 파

도를 둘 이상 타게 되므로 파고의 부력에 의한 트림은 발생하지 않는다.

③ 속장비($\frac{V}{\sqrt{L}}$) 또는 Froude Number($\frac{V}{\sqrt{gL}}$)의 측면에서 본 변화

위에서와 같이, $F.N. \leq 0.3$ (또는 $\frac{V}{\sqrt{L}} \leq 1$)인 중저속선에서는 선수미가 함께 침하하나 선수침하가 더 크기 때문에 트림은 선수쪽으로 변화한다. 선속이 점차 증가하여 $F.N. > 0.3$ (또는 속장비 $\frac{V}{\sqrt{L}} > 1$)에서는 돌연 선수침하는 줄어들고 선미침하가 급격히 심해진다. 그리하여 속력의 증가에 따라 선수가 부상하고 선미는 계속 침하하는 선미 트림으로 변하다가 $F.N. \geq 0.6$ (또는 $\frac{V}{\sqrt{L}} \geq 2$)에서는 선체 전체가 부상하기 시작하여 수면상을 활주하게 된다. 이를 그림으로 표시하면 아래와 같이 된다.



<그림 3-15> Froude 수와 선체침하

2) 천수역 항주중 선체침하와 트림의 변화(<그림 3-15> 참조)

(1) 선체 주위의 유체역학적 변화

천수역 항주시는 선체 주위의 흐름이 평면적인 흐름으로 제한되기 때문에 선

측은 물론 선저하의 유속이 빨라지고 압력의 강하는 심수역보다 한층 커지게 된다.

$\frac{\text{수심}}{\text{흘수}} \leq 2$ 에서는 즉, 수심이 흘수의 2배 이하에서는 일반상선 정도의 속력에 서도 선체의 침하와 트림의 변화가 심하게 일어나며, 이러한 영향은 비만한 선 형일수록, 선속이 클수록 그리고 여유수심이 적을수록(수심이 낮아질수록) 크게 되어, UKC가 감소하고 이로 인해 조종성이 극도로 나빠지며, 선저접촉의 위험 이 커진다.

(2) 선수 침하량의 추정

선수침하(Bow sinkage)에 대한 Tuck 등의 지정식은 다음과 같다.

$$\text{평균침하량}(S) = 0.13 V_k^2 \times \frac{W}{HL^2} (\text{ft, 노트})$$

단, W = 배수량(ft^3)

H = 수심(ft)

L = L_{pp} (ft)

V_k = 선속(노트)

위 식을 m 단위로 무차원화하면 다음과 같다.

$$\frac{S}{L} = 1.5 \left(\frac{d}{H} \right) \cdot \frac{C_B}{L/B} \cdot F_n^2$$

이 식에서 보면, 선체침하는 C_B 가 큰 비대선형 선박일수록 큼을 알 수 있 다.

(3) Stern Squat 현상

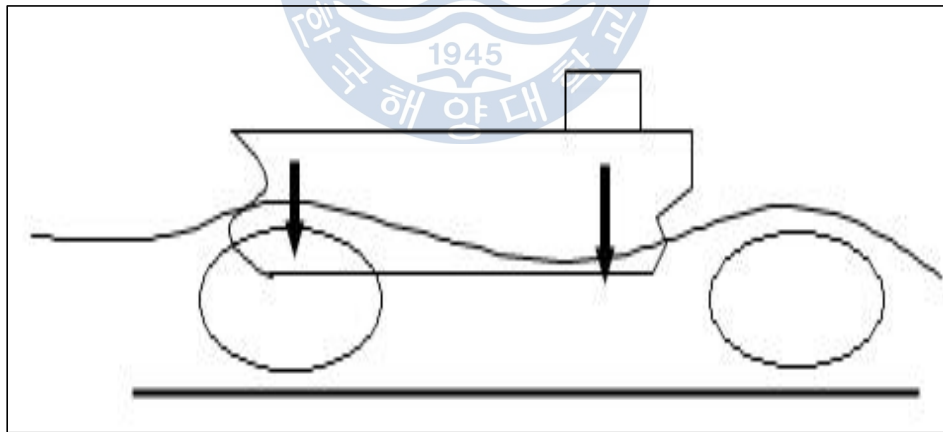
천수역에서 선속이 일정 이상(약 $F.N. \geq 0.25$)이 되면, 돌연히 선수침하가 멈추 고 반대로 급한 선수의 부상이 시작되는데, 이때에도 선미는 계속 침하하므로 선체는 속력의 증가와 더불어 선미 트림으로 바뀐다. 그 이유는 선체의 진행에

따라 발생하는 장파의 수렴자가 원활한 회전운동을 하지 못하고 타원운동을 하며, 그 파속($V_w = \sqrt{gh}$)이 느려지기 때문이다.

파속이 선속보다 느려지면, 또는 선속이 파속보다 빨라지면, 선수쪽 장파의 과정은 아직 선수 부근에 남아 있으나, 선미쪽 장파의 과정은 이미 선미의 후방으로 뒤쳐지고 선미는 파저에 위치하게 되어 선수쪽은 부력으로 부상하고, 선미쪽은 중력이 작용하여 침하한다. 그리하여 선미 트림을 일으키는 현상을 Stern Squat라 한다.

즉, Stern Squat 현상은 $V_s \geq V_w = \sqrt{gh}$ 일 때 발생하며, 장파의 파속은 수심이 낮을수록 느려지므로 여유수심이 적을 때는 비교적 저속에서도 일어난다. 그러나 통상의 거대형선의 속력 범위에서는 이러한 선미침하가 일어날 수 없고, 또 선체의 진동 때문에 이러한 현상이 일어나기 전에 인위적인 감속을 하지 않을 수 없다.

따라서 대형선의 천수역 항행시 선체 트림은 선저에 주는 흡인력과 선체 전후반부(前後半部)의 선저의 형상이 비대칭인데서 기인하는 선수 트림만이 실무에서는 고려의 대상이 된다.



<그림 3-16> 파와 선체침하

3) 천수역에서 선회하는 경우의 선체 침하와 트림의 변화

천수역에서 선회 시에 평균침하와 함께 선미침하의 경향이 두드러지는 것을 실험에서 발견하였다. 이 실험에 의하면, 좌우선회 공히 회두각이 늘어감에 따

라 선미 트림의 증가가 나타났다.

이상의 이유는,

- ① 선회로 인하여 전속이 감속되므로 선수의 침하량은 선회전보다 감소한다.
- ② 선회중 전심의 위치가 선체 중앙에서 선수쪽으로 이동함에 따라, 또한 편각 및 kick out로 인해서 선미가 그리는 원이 선수가 그리는 원보다 크기 때문에 선미의 속도가 선수보다 빨라서 선미측에 큰 수위의 변화를 초래한다. 이때 침하하는 정도는 흘수와 수심의 비에 따라 다르고 각종 형태의 배마다 달라서, By the head의 정도가 작아지는 경우도 있고, By the stern으로까지 이동하는 경우도 있다.

3.3.2 선체동요에 따른 선체의 침하

1) Pitching 및 Heaving에 따른 선체의 침하

Head sea로 항주중인 선수 침하량은 Follow sea나 Beam sea인 경우보다 많으며, 파장이 선체장의 $\frac{1}{2}$ 이하일 때는 그렇게 크지 않으나 파장이 커짐에 따라 침하량이 커지며, 특히 Pitching의 고유주기($0.5\sqrt{L}$)와 Heaving의 고유주기($2\sqrt{d}$)가 합쳐져서 동조하게 되면 가장 커진다.

2) Rolling 및 Heaving에 의한 선저 Bilge부의 침하

선체 중앙부인 선저 Bilge부는 선체가 크게 Heaving해서 내려앉을 때, 한쪽으로 Rolling을 하게 되면 가장 많이 침하하게 된다. 이때 Rolling의 고유주기($\frac{0.8B}{\sqrt{GM}}$)와 파가 만나는 주기, 또는 불규칙파에 Rolling이 합쳐져서 동조횡요를 일으키면 경사각이 최대가 된다.

3) VLCC의 선체 침하

$F_n \approx 0.15$ 인 VLCC는 심수에서 전속 항주하면 선수흘수가 선장(L)의 0.2% 정

도 증가한다. 그리고 천수에서는 고립과의 파속이 다소 늦어지기는 하나, VLCC의 선속보다는 훨씬 빠르기 때문에 Stern squat는 거의 일어나지 않고 항상 By the head가 된다고 보면 된다.

3.3.3. 선속에 따른 선체침하량¹⁵⁾

선속에 따른 선체 침하량은 다음의 <표 3-22>와 같은데, 특히 UKC가 10% 이내인 거대형 컨테이너선의 경우 감속이 매우 중요함을 알 수 있다.

$$\text{선체 침하량: } S_{\text{sink}} = C_b \times V^2 / 100$$

S_{sink} : 선체 침하량

C_b : 방형비척계수

V : 선박의 통항속력(노트)

<표 3-22> 선속에 따른 선체침하량

선속	선체침하량(m)		
	8,000 TEU급	10,000 TEU급	12,000 TEU급
	$C_B = 0.67$	$C_B = 0.675$	$C_B = 0.68$
12.0 노트	0.965	0.972	0.979
7.0 노트	0.328	0.331	0.333
4.0 노트	0.107	0.108	0.109

15) 부산항도선사회, ‘부산신항 도선운용 계획수립에 관한 기초연구’, 2004: 55

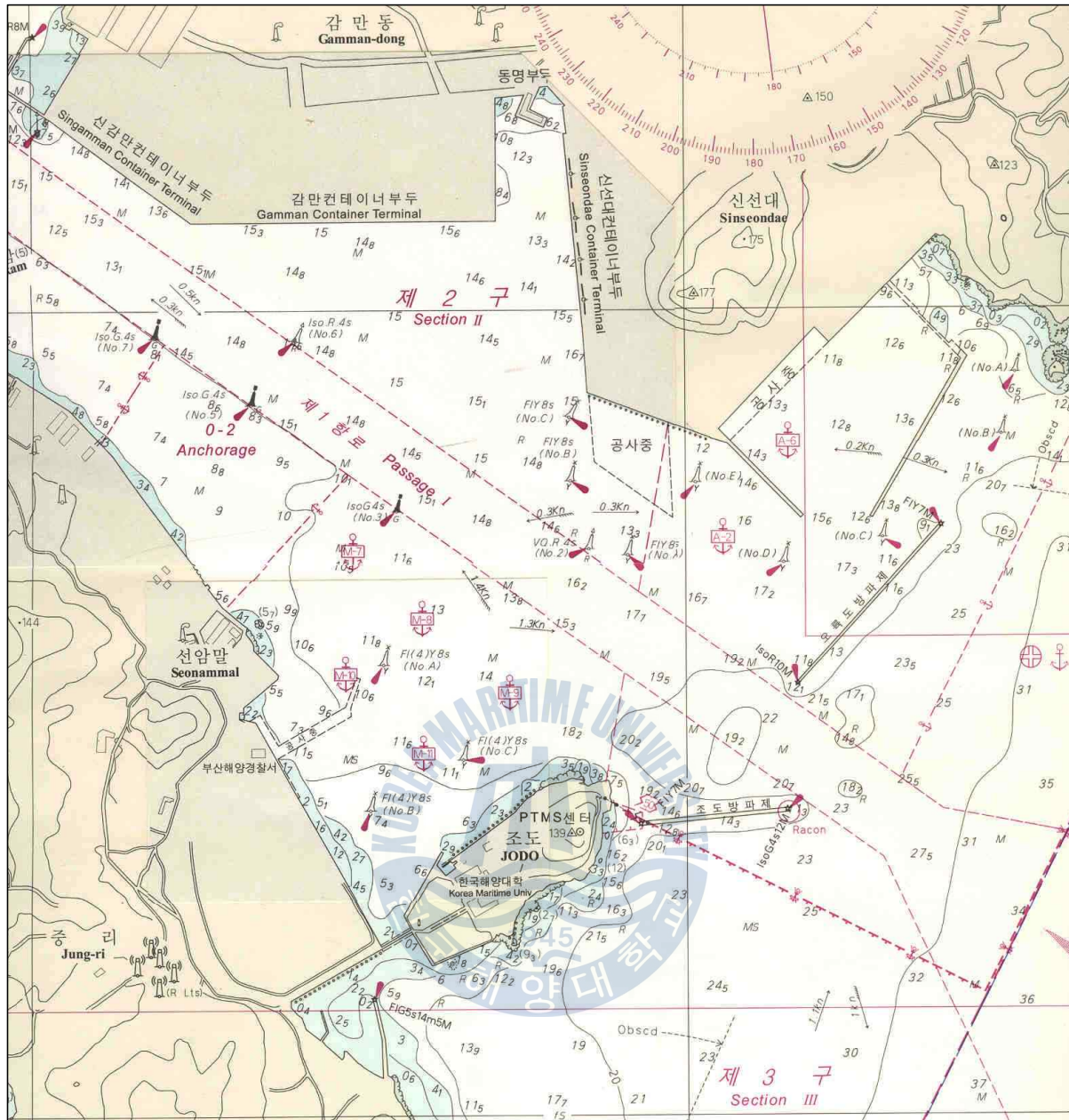
제 4 장 시뮬레이터를 이용한 표준 및 응급 조선편

4.1 부산북항에서의 표준 및 응급 조선편

4.1.1 항로의 조건

부산북항 제 1항로는 <그림 4-1>과 같이 주 출입구인 오륙도 방파제와 조도 방파제 사이의 거리는 570m이고 항로폭은 350m이다. 조도방파제에서 통항분리대 동쪽 끝단까지는 약 3,700m의 거리로 통항분리대는 방사형으로 펼쳐져 있고, 입항선은 대략 287도로, 출항선은 대략 139도로 진행한다. 외항방파제(오륙도/조도 방파제)와 내항방파제 사이는 항로폭 350m, 길이는 약 5,000m로 왕복 항로이며, 입항침로는 305도, 출항침로는 125도로서 특별한 사정이 없는 한 모든 선박은 항상 항로의 우측을 따라서 항행하여야 한다. 참고로, 최근에는 북항대교 건설로 인하여 내항으로 입출항하는 선박이 상시 통행 가능한 Air draft는 60m로 제한하고 있다.

조류는 Sea buoy(LANBY)를 경계로 바깥쪽은 연중 대략 2노트에 달하는 쿠로시오 해류가 북동 방향으로 흐르고 있고, Sea buoy에서 방파제 사이에는 조석류가 흐르는데 최강 창조류는 고조전 2~3시간 전에 일어나며, 유속은 0.5~1.7노트, 최강 낙조류는 저조전 2~4시간 전에 일어나며, 유속은 1.2~2.2노트의 분포를 보인다. 전류시각은 상당히 유동적이므로 방파제 접근시 세심한 주의가 요구된다. 조류의 방향은 Sea buoy부근에서는 항로에 거의 직각으로 작용하지만 방파제에 접근할수록 항로에 예각으로 바뀌며, 낙조류일 때 태종대를 정형으로 통과하면 조류가 갑자기 끊어진 것처럼 느껴진다. 도등은 설치되어 있지 않으며, 용두산타워와 청학동의 한국타이어 창고가 입항선이 이용하기에 편리한 중시선(Transit line)으로 정상적인 시정상태에서는 주야간 이용할 수 있다.



<그림 4-1> 부산북항 입출항 제1항로

4.1.2 부두의 조건

부산북항의 대상부두의 특징으로는 접안 최대선형 5만톤을 기준으로 건설된 부두로서 갠트릭레인(Gantry crane)과 본선 현측과의 거리는 불과 2m 남짓하고, 방현재(방충재, Fender)의 크기도 작아서 거대형 컨테이너선이 이용하기에는 다소 무리가 있다.

따라서 본선의 접안이나 이안에 앞서 모든 갠트리 크레인은 선체의 중앙 평

면부(Parallel body)로 만드셔서 이동시켜 만약에 발생할 수 있는 선박자세의 흐트러짐에 대비해야 한다. 최종 접근 단계에는 본선을 부두에서 5m 이격하여 정지시키고, 계류색(mooring line)을 잡은 후 감아서 접안하는 방식을 취하는 것이 필요하다.

4.1.3 대상 선석

대상 선석은 실제로 U사의 동급 선박이 이용하고 있는 신선대 4번과 5번 선석 중 난이도가 조금 높은 5번 선석과, 현재는 거의 이용하고 있지 않지만 증심 계획이나 기타 조건으로 볼 때 추후 이용할 가능성이 큰 감만 4번 선석으로 설정하였다.

4.1.4 대상 선박

대상선박의 제원은 아래 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 대상선박 주요 제원

대상선박	길이(m)	폭(m)	흘수(m)	비고
140K 컨테이너선	366m	48.2m	15.52m	모델선박 중에서 최대 선형 적용함
GRT 140,264 ton	Displacement 187,580 ton	B/T 3,000 kw	S/T 3,000 kw	M/E 87,314 kw

4.1.5 표준 조선법

4.1.5.1 신선대 5번 선석의 입선자세 접·이안 및 출선자세 접·이안

1) 입선자세 접안조선

(1) 접안조선의 개요

오륙도 방파제에서 2번 등부표까지의 거리는 1,150m, 2번 등부표에서 신선대 5번 끝단까지의 거리는 700m로 전체적으로 1,850m이며, 방파제 통과 후의 효과적인 감속이 중요한 관건이다. 도선사 승선구역에서 방파제 구간은 외력에 노출되어 있으므로 15도 이내의 타각으로 적절한 조선이 되기 위해서는 횡방향 외력의 4~5배의 전진속력을 유지하여야 한다.

따라서 최강 창조류 1.8노트에 북동풍이 14m/s인 외력조건이라면, 방파제를 통과할 당시의 선속은 10노트~12노트 정도 되어야 할 것이다. 후진기관을 사용하면 선속 3~4노트 부근에서 배수류는 우선회를 도우는 쪽으로 작용하겠지만, UKC가 극도로 작을 경우에는 꼭 그렇게 되지 않고 후진기관을 사용하는 당시의 선회가 계속되는 방향으로 작용하기도 한다. 또한 바람의 영향도 무시할 수 없는데, 예컨대 강한 북서풍은 후진기관을 사용해 감속하는 중에 선박의 우선회를 방해할 것이다.

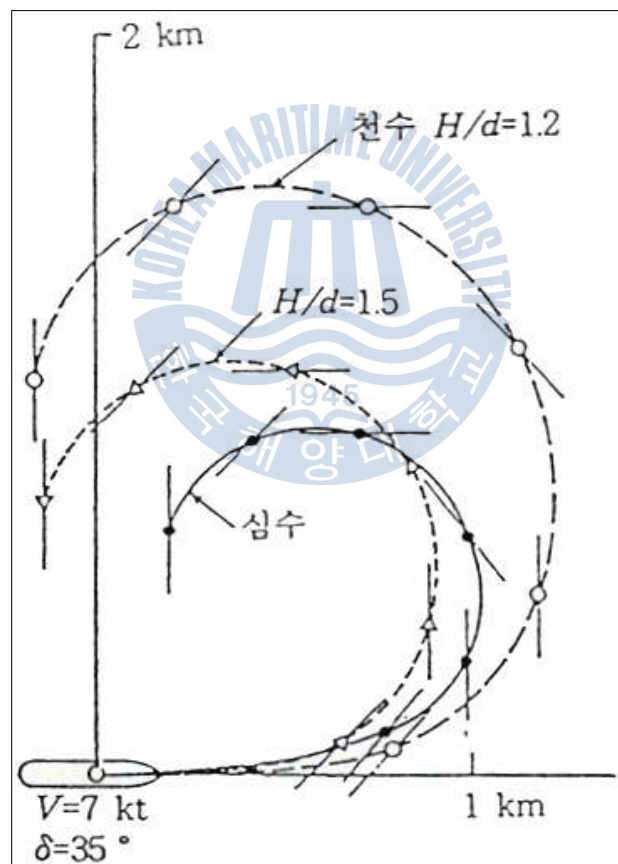
예인선은 4,000마력급으로 2척을 준비하되 예기치 못한 상황에 대응할 수 있도록 방파제 부근에서 대기하여야 한다. 현재 사용 중인 Twin Z-peller 예인선의 경우 10노트 정도에서 예인색을 잡을 수 있고, 7노트 이하에서는 약하지만 미는 작업(Pushing)을 시작할 수 있다. 따라서 예인선의 도움이 필요할 경우를 예상하는 경우에는 선속을 7~8노트 정도로 유지하는 것이 바람직하다.

쓰러스터에 추가하여 선수미에 각각 4,000마력급 예인선을 사용할 경우, 선회를 돕기 위한 선수미 예선의 역할도 선속이 3노트가 넘으면 상당히 제한적이다. 선회시 밀게 되는 선수예선은 선회가 진행되면서 감속이 이뤄지는 만큼 효율이 점진적으로 증대될 것이다. 예인색을 짧게 잡고 당기게 되는 선미예선은 예인선의 배수류가 본선에 부딪혀 효율이 감소하므로 선회가 완료될 때까지 우현선미에서 밀면 좋겠지만, 선회 후 위치를 좌현선미로 옮겨서 예인색을 잡아야 하는 번거로움뿐만 아니라, 짧은 시간 안에 예인색을 잡지 못하면 필요할 때 좌현선미를 당길 수 없다는 위험부담까지 안게 된다.

따라서 통상적인 절차는 좌현선수와 좌현선미에 예인색을 잡게 되므로, 2번 등부표에 도달시점에 약 3노트 정도가 되도록 충분히 감속한 다음 조타기 우현전타와 극미속 전진기관 사용으로 선회를 시작하면 쓰러스터, 선수 및 선미 예

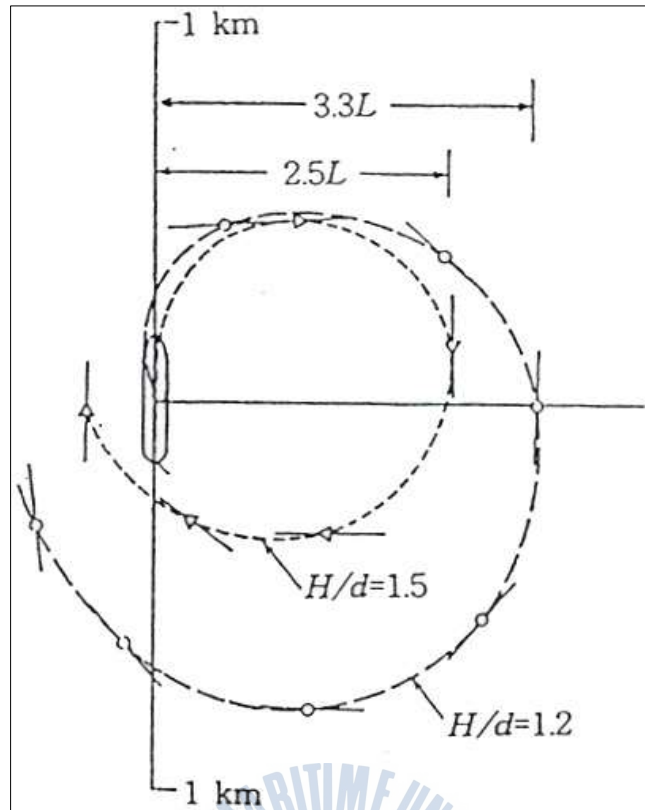
선을 모두 사용할 수 있어 짧은 거리에서 선회하는 것이 가능하다.

통상적인 선회, 감속선회 및 가속 선회시의 선회권의 크기와 수심에 따른 선회권의 크기를 비교한 <그림 4-2>~<그림 4-4>를 보면, 선회를 시작하기 전의 감속이 얼마나 중요한지 알 수 있을 것이다¹⁶⁾. 선회가 끝나는 시점의 선속은 2 노트 이하가 될 것인데 추진기관을 적절히 사용하여 접안위치 도달 시 1노트를 넘지 않도록 조절하고, 선회폭의 2배(2B) 정도의 이격거리를 두고 선체를 부두와 평행한 상태로 만든 다음 저속으로 횡이동 접근하되 재래부두의 방현재의 크기나 상태를 고려하여 최종단계에서는 본선을 부두 전면 약 5m에서 정지시키고 계류색을 잡은 다음 계류색을 감아서 접안하는 것이 바람직하다.

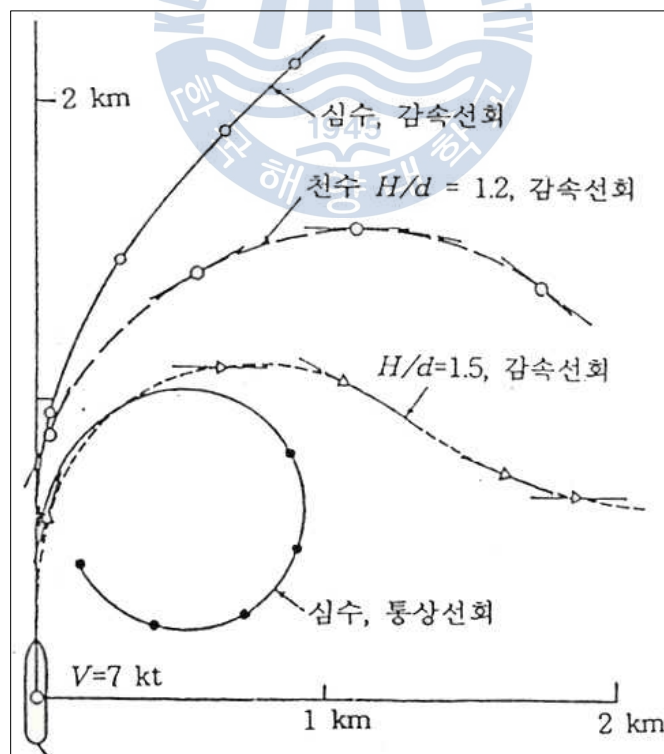


<그림 4-2> 278K DWT 탱커의 선회시형

16) Shiphandling Simulation, 한국해양수산연수원, 1999: 4-25

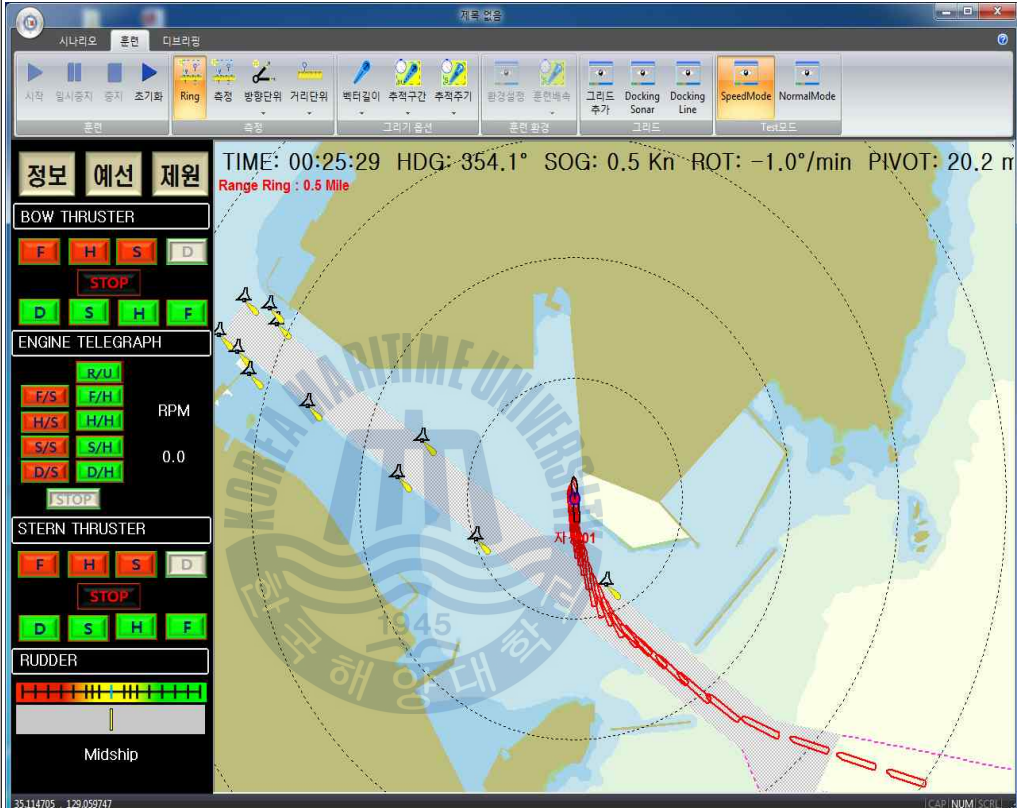


<그림 4-3> 가속선회에 주는 수심영향



<그림 4-4> 감속선회에 주는 수심영향

(2) 신선대 5번 입선자세 접안

구분	신선대 5부두 입선자세 접안 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
A-1	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리	
	200m		180m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		접안 안전성		
	약간 안전함		안전함		

<그림 4-5> 신선대 5번 입선자세 접안

2) 입선자세 접안에서 이안 조선

(1) 이안 조선의 개요

예인선은 각각 선수와 선미에 4,000마력급으로 준비하고 선수미에 예인색을 잡는다. 후진반전하기에는 항로와의 거리가 약 350미터로 조금 가깝다. 이러한 경우 본선을 정횡으로 약 3B 정도로 여유있게 당겨낸 후 극미속 혹은 미속으로 후진기관 사용하며, 쓰러스터와 예인선을 사용하여 본선을 항로법선에 근접하게 회두를 완료한 후 항로에 예각으로 진입한다.

전진반전으로 이안할 경우, 본선의 선수로부터 감만 4번 선석과의 거리는 약 700미터로 충분함으로 통상적인 방법으로 2B 이상 부두로부터 이격 후 좌현전타와 극미속 전진과 쓰러스터와 예인선을 사용하여 좌선회하여 항로법선에 가까이 접근시킨 후 항로에 예각으로 진입한다. 단, 접안선석의 앞쪽 부두에 계류 중인 선박이 있는 경우에는 그 선박의 선평만큼 더 이격 후 회두를 시작한다.

항로와의 거리가 가까워서 후진반전을 할 경우, 초기에 부두로부터 이격하는 거리가 멀어야함으로 시간이 조금 더 걸리지만, 선회각도가 125도로 선회 자체에 걸리는 시간은 짧다.

이에 반하여 전진반전의 경우, 선회를 시작하기 전의 이격거리가 상대적으로 짧아 시간이 절약되고, 조타기와 기관의 사용에 더하여 쓰러스터와 예인선 등 모든 요소를 선회에 집중할 수 있어 선회효율이 좋지만 선회각도가 235도로 후진 반전시의 약 2배에 달해 시간적으로는 별로 이득이 없다. 또한 전진 반전 중 선속의 증가로 3번 등부표와 근접하는 것을 피하기 위하여 기관을 잠시 정지하고 타력으로 진행해야 하는 경우도 있으므로 더욱 그러하다.

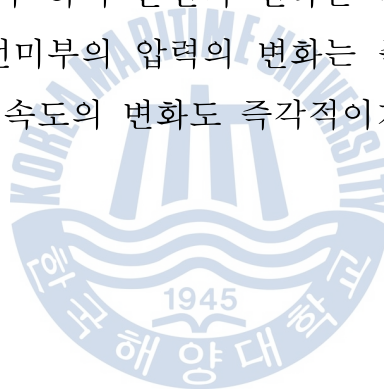
한편 선수쪽에 치우친 선교의 위치를 감안하면 본선과 부두 사이의 거리를 관측하는 데는 후진 반전이 유리하다. 전진 반전의 경우, 선미의 현장을 지휘하는 항해사는 본선이 선회하는 동안 본선 선미에서 부두까지의 거리 및 통과 부두 혹은 인접한 접안선과의 통과예상 거리를 10 내지 20미터 간격으로 선교에 계속적으로 보고하도록 하여야한다.

위의 여러 가지로 미루어 볼 때, 이안조선시 전진 반전이나 후진 반전은 당시의 기상 상태나 주변 선석에 출입항 선박의 유무에 따라 선택할 수 있다.

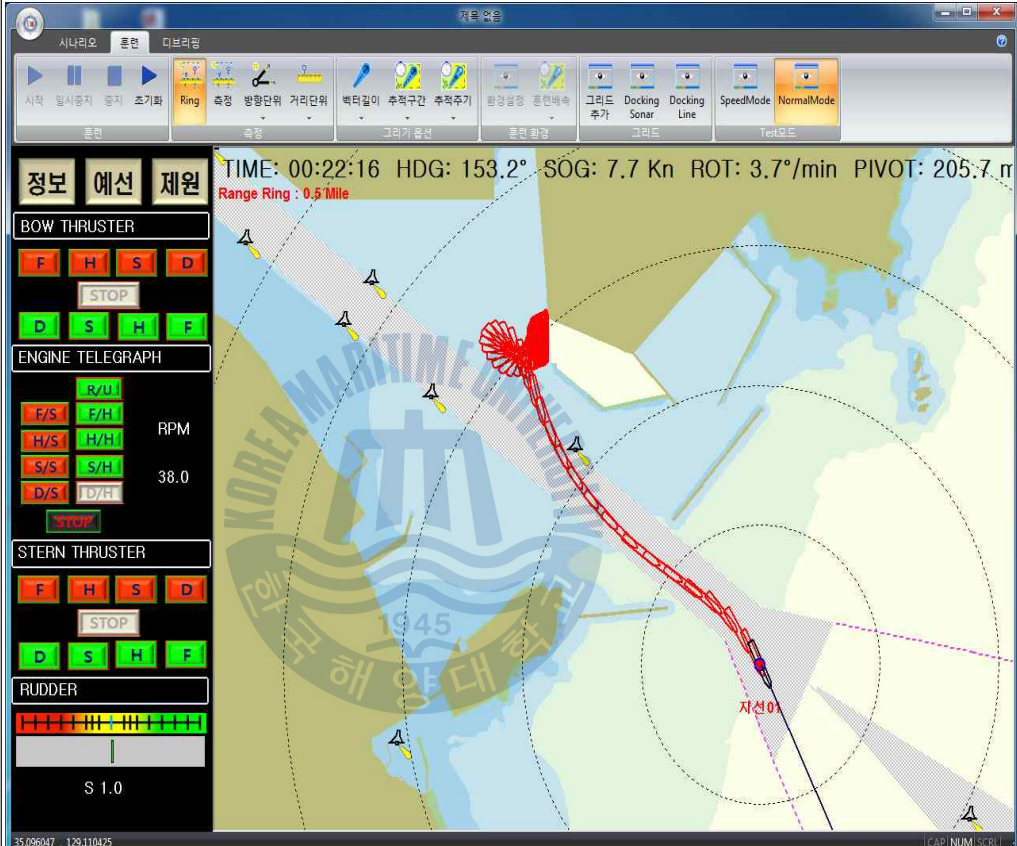
후진 반전의 경우, 선미예선과 쓰러스터의 합력이 선수의 그것보다 크게 배치하는데 이는 수저항중심의 이동에 따른 Leverage의 차이를 염두에 둔 배치이다. 주의할 점은 기관을 사용하여 후진 속력이 일정할 때 균형을 이루며 부두에서 평행으로 멀어지던 본선의 자세가 기관을 정지하면, 곧바로 그 균형이 깨어져 선미가 더 빨리 벌어지는 것을 알 수 있다. 이와는 반대로 전진반전의 경우에는 선수 쪽에 더 큰 마력의 예선을 배치하는 것이 좋다.

이는 기존의 진행방향 끝단에서 $1/3L \sim 1/4L$ 에 위치할 것으로 추정하는 Pivoting point의 이동 개념으로는 설명할 수 없으며, 수저항의 중심을 기준으로 예인선의 출력과 쓰러스터의 출력이 작용한다고 보아야 한다.

왜냐하면 기관을 정지한다 하여 본선의 선속은 빠르게 변화하지 않는 반면, 후진기관 사용으로 인한 선미부의 압력의 변화는 즉각적이며, 그에 따라 선수미가 부두로부터 멀어지는 속도의 변화도 즉각적이기 때문이다.



(2) 신선대 5번 입선자세 접안에서 우선회 출항

구분	신선대 5번 입선자세 접안에서 우선회 출항 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
A-2	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)		오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리
			220m		130m
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	30%	40%	70%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		이안 안전성		
	안전함		약간 위험함		

<그림 4-6> 신선대 5번 입선자세 접안에서 우선회 출항

(3) 신선대 5번 입선자세 접안에서 좌선회 출항

구분	신선대 5번 입선자세 접안에서 좌선회 출항 시뮬레이션분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
A-3	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리 180m		조도방파제 최근접거리 170m	
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	50%	30%	50%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성			이안 안전성	
	안전함			약간 안전함	

<그림 4-7> 신선대 5번 입선자세 접안에서 좌선회 출항

*주의: 시뮬레이터 성능상 선회후의 관성이 궤적에 정상보다 오래 나타남

3) 출선자세 접안 및 이안 조건

(1) 접안조건

출선자세 접안을 위하여 부두 전면에서 선회를 하게 되는데, 그 방법에는 두 가지가 있다. 좌선회와 우선회로 구분할 수 있는데 각각의 장단점과 조건을 고려해 보아야 한다. 우선 선박의 조종 특성상 선수미 방향의 이동과 횡이동의 차이는 저항과 사용가능한 추진력(추력)의 차이를 감안해 보면 10 내지 15배 정도라고 간주된다. 따라서 부두 전면에서 좌회두를 하게 되면 필연적으로 전장의 대략 1/2인 200미터 정도를 이격하거나 인접한 부두에 계류선박이 있을 경우에는 250미터 정도를 이격하여 선회하면, 선회 종료 시점에 본선은 부두에서 1L 이상 멀어지게 된다. 이 거리를 정형으로 이동하여야 함으로 UKC 10%의 조건에서는 상당한 시간이 걸리고, 그동안 인접한 부두를 접·이안하는 선박과 간섭도 예상된다.

반면에, 우선회를 하여 출선자세로 접안하는 경우에는 필연적으로 접안선석에서 멀리 떨어져 감만부두 4번 전면을 돌아서 크게 원을 그리며 접근하게 될 것이다. 이 경우 감만부두 3번이나 4번 선석에 출입항선이 있는 경우 약간의 간섭이 있겠지만, 감속을 위한 후진기관의 사용은 선회를 방해하지 않을 것이므로 시간상으로는 약간의 이익이 될 것이다.

① 좌선회 접안조건

방파제 통과시의 속력은 외력을 고려하여 7노트에서 12노트의 범위 내에서 적절히 조정한다. 예인선은 방파제 가까운 곳에 대기하다가 적절히 감속이 되는 시점에 우현 선수 선미에 각각 예인색을 잡고 2번 등부표를 통과하는 시점에는 선회를 도울 준비를 하여야 한다. 감속하여 2번 등부표 통과시의 속력은 3노트를 넘지 않도록 하고, 접안선석으로부터 약 200미터 정도의 이격거리를 유지하며 접근하여 선교가 육상의 선교위치 표시 깃발을 통과하는 시점에서 선속은 2노트가 되도록 조절한다. 선회시작 지점의 선속이 과대하면 선회 완료 후의 부두에서 이격거리가 멀어서 횡이동에 시간이 많이 걸리므로 불리하다. 좌현전타 및 전진기관 극미속으로 선회를 시작한 후 기관을 정지하고, 쓰러스

터와 예인선만을 사용하여 신속히 좌선회시킨 후 본선의 선수 방향이 신선대 5번 선석의 남쪽끝단을 향하는 시점에서 선회를 정지시키도록 한다. 이 경우 선회가 끝나는 시점에 선속은 전진 1노트 이하가 될 것인데, 만약 기관을 극미속으로 계속적하여 사용하는 경우, 선속은 3~4노트에 이르고 선수가 항로를 침범할 수도 있으므로 주의해야 한다. 선폭의 2배 정도 부터는 평행을 유지하면서 저속으로 접근하되 재래부두의 방현재의 크기나 상태를 고려하여 최종단계에 본선을 부두 전면 약 5미터에서 정지시키고 계류색을 잡은 다음 계류색을 감아서 접안하는 것이 바람직하다.

② 우선회 접안조선

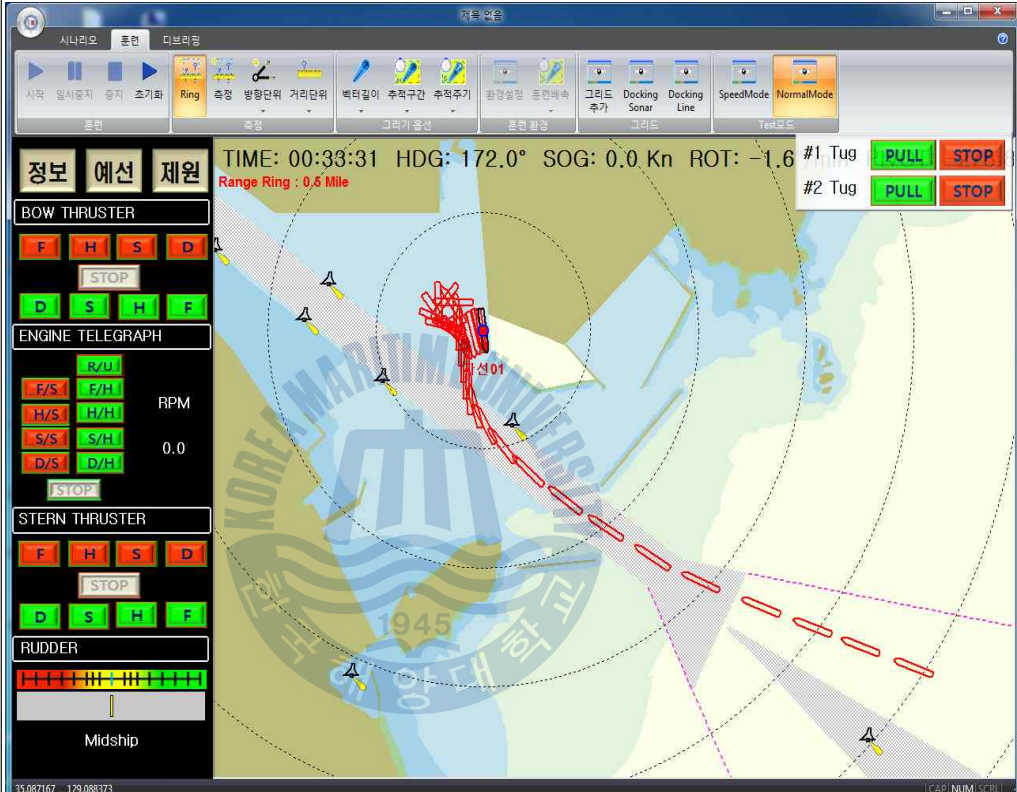
방과제 통과시의 속력은 외력을 고려하여 7노트에서 12노트의 범위 내에서 적절히 조정한다. 감속하여 2번 등부표 통과시의 속력은 4노트로 조정하고, 감만 2번과 3번 선석 중간을 보고 접근하여 즉, 접안부두에서 대략 2L 정도 이격하여 진행하면 선미가 항로를 벗어나는 시점에서 선속은 대략 3노트가 된다. 이 때, 타 우현전타와 기관 극미속 전진, 쓰러스터와 예인선을 사용하여 우선회를 시작하되, 본선의 선수 방향이 신선대 5번 선석의 남쪽끝단을 향하는 시점에서 선회를 정지시키도록 한다. 접근각은 대략 40도를 넘지 않는 것이 좋으며, 선속은 선회가 종료되는 시점에 2노트를 넘지 않도록 한다. 선속은 접안위치에 도달하는 시점에 1노트를 넘지 않도록 조절하고, 선폭의 2배 정도 부터는 평행을 유지하면서 저속으로 접근하되, 재래부두의 방현재의 크기나 상태를 고려하여 최종단계에 본선을 부두 전면 5미터에서 정지시키고, 계류색을 잡은 다음 계류색을 감아서 접안하는 것이 바람직하다.

이상의 신선대 5부두에서의 접·이안 조선작업 중에서 출선자세 접안작업과 입선자세 접안작업의 장·단점을 비교하면 아래 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 출선자세와 입선자세 접안의 장단점 비교

구 분	접근 항로	소요예선	시간	안전도	심리적 부담
입선자세 접안	2번 등부표 150m 근접	2척	1	1	1
좌선회 출선자세 접안	5번 선석 200m 이격	2척	3	2	2
우선회 출선자세 접안	5번 선석 800m 이격	2척	2	3	3
*주: 여기서 안전도 및 심리적 부담 등급숫자는 클수록 어려운 것으로 함					

(2) 신선대 5번 좌선회 출선자세 접안

구분	신선대 5번 좌선회 출선자세 접안 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
A-4	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리		
	180m		180m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		접안 안전성		
	약간 안전함		안전함		

<그림 4-8> 신선대 5번 좌선회 출선자세 접안

(3) 신선대 5번 우선회 출선자세 접안

구분	신선대 5번 우선회 출선자세 접안 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
A-5	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)		오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리
	120m		240m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	40%	40%	60%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		접안 안전성		
	약간 안전함		약간 안전함		

<그림 4-9> 신선대 5번 우선회 출선자세 접안

(4) 이안 조선

신선대 5부두 출선자세 접안상태의 이안 조선에서, 예인선은 각각 선수와 선미에 4,000마력급으로 준비하고 선수미에 예인색을 잡는다.

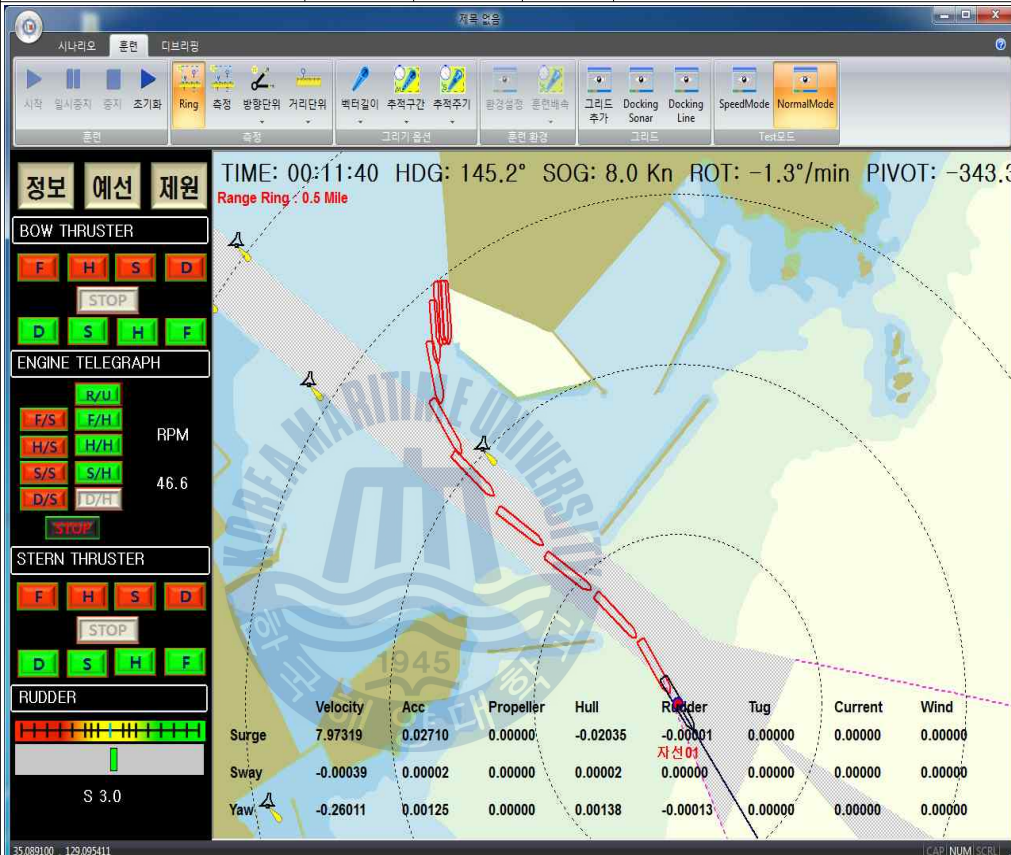
이 경우의 이안 조선은 아주 단순하여서, 쓰러스터와 예인선을 이용하여 부두로부터 1B 이상 이격시킨 후 기관과 타를 적절히 사용하여 항로에 40~50도의 각도로 진입하면 된다.

추가로 고려할 사항은 당시의 외력의 영향을 참작하여 이격거리를 조정해 주어야 하며, 항로 진입 후 대략 50도 정도의 대각도로 회두해야 하는 만큼 예인선은 변침이 끝날 때까지 좌현 선미로 위치를 이동하여 대기하도록 하여야 한다. 또한 소요되는 예인선의 척수도 외력의 조건에 따라 조정 가능하다.

신선대 5번 출선자세 접안에서 출항 이안 조선의 시뮬레이션 결과 궤적은 <그림 4-10>과 같다.



(5) 신선대 5번 출선자세 접안에서 출항

구분	신선대 5번 출선자세 접안에서 출항 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
A-6	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리		
	200m		150m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량		여유 조타력	여유 기관 제어량
	60%	40%		40%	60%
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성			이안 안전성	
	약간 안전함			안전함	

<그림 4-10> 신선대 5번 출선자세 접안에서 출항

*주의: 시뮬레이터 성능상 선회후의 관성이 궤적에 정상보다 오래 나타남

4.1.5.2 감만 4번 선석 우현접안 및 이안과 좌현접안 및 이안

1) 우현접안 및 이안 조선

(1) 접안조선

방과제에서 2번 등부표까지의 거리는 1150미터이고, 2번 등부표에서 감만부두 4번 선석까지의 거리는 1600미터 정도이다. 예인선은 방과제 가까운 곳에 대기하다가 적절히 감속이 되는 시점에 좌현 선수, 선미에 각각 예인색을 잡고 2번 등부표를 통과하는 시점에는 선회를 도울 준비를 하여야 한다.

방과제를 통과하는 속력은 외력이 강할 때를 기준하면 최소한 10노트 내지 12노트 정도가 되고, 만약 정조시에 풍력이 약할 경우라면 7~8노트 정도로 기관은 극미속 전진을 사용하면서 통과해도 무방하다. 방과제 통과 후 적절히 감속하여 2번 등부표를 통과하여 우현변침을 시작하는 시점에는 4노트 정도가 적당하다. 후진기관 사용 시 배수류의 측압작용에 의하여 선회가 방해받을 수 있으므로 부두 전면 전장 2배의 거리(2L)에서 일단 2노트 정도로 감속한 후 좌회두를 시작할 때에는 좌현전타 및 극미속으로 전진기관을 사용하며 쓰러스터와 예인선을 활용한다.

선회중 선속이 과대하여 후진 기관을 사용하면 배수류 측압작용으로 선회가 방해받게 되는 경우가 있는데 UKC가 아주 작은 경우에 속력제어와 선회에 실패하여 부두에 충돌하는 경우도 발생할 수 있으므로 매우 조심하여야 한다. 즉, 좌회두하는 도중에 감속의 필요성으로 인하여 후진기관을 사용하지 않도록 하는 것이 아주 중요하다.

접안위치 도달시의 선속은 1노트를 넘지 않도록 조정하고, 선폭의 2배(2B)정도부터 평행을 유지하면서 저속으로 접근하되 재래부두의 방현재의 크기나 상태를 고려하여 최종단계에 본선을 부두 전면 약 5미터에서 정지시키고, 계류색을 잡은 다음 계류색을 감아서 접안하는 것이 바람직하다.

(2) 감만 4번 우현접안

구분	감만 4번 우현접안 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
B-1	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리		
	140m		210m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		접안 안전성		
	약간 안전함		약간 위험함		

<그림 4-11> 감만 4번 우현접안

(3) 이안 조선

우현접안 상태에서의 이안은 특별한 이유가 있는 경우를 제외하고는 전진 반전 좌선회로 항로로 진입하는 것이 이상적이다. 좌현 선수미에 각각 예인선 한 척씩을 잡고 예인선과 쓰러스터를 이용하여 최소한 2B 이상 이격한 후, 타 좌현전타 및 기관 극미속 전진을 사용하여 좌선회 한다. 항로상의 통항선과 조우할 가능성이 있을 경우 항로의 법선에 가까이 접근하는 것으로 선회를 끝낸 다음 작은 각도로 항로에 진입할 수 있고, 항로상에 통항선이 없을 경우에는 선회를 하면서 항로에 진입해도 무방하다.



(4) 감만 4번 우현접안에서 출항

구분	감만 4번 우현접안에서 출항 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
B-2	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리	
	250m		100m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	60%	30%	40%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		이안 안전성		
	약간 안전함		약간 안전함		

<그림 4-12> 감만 4번 우현접안에서 출항

*주의: 시뮬레이터 성능상 선회후의 관성이 궤적에 정상보다 오래 나타남

2) 좌현접안 및 이안 조건

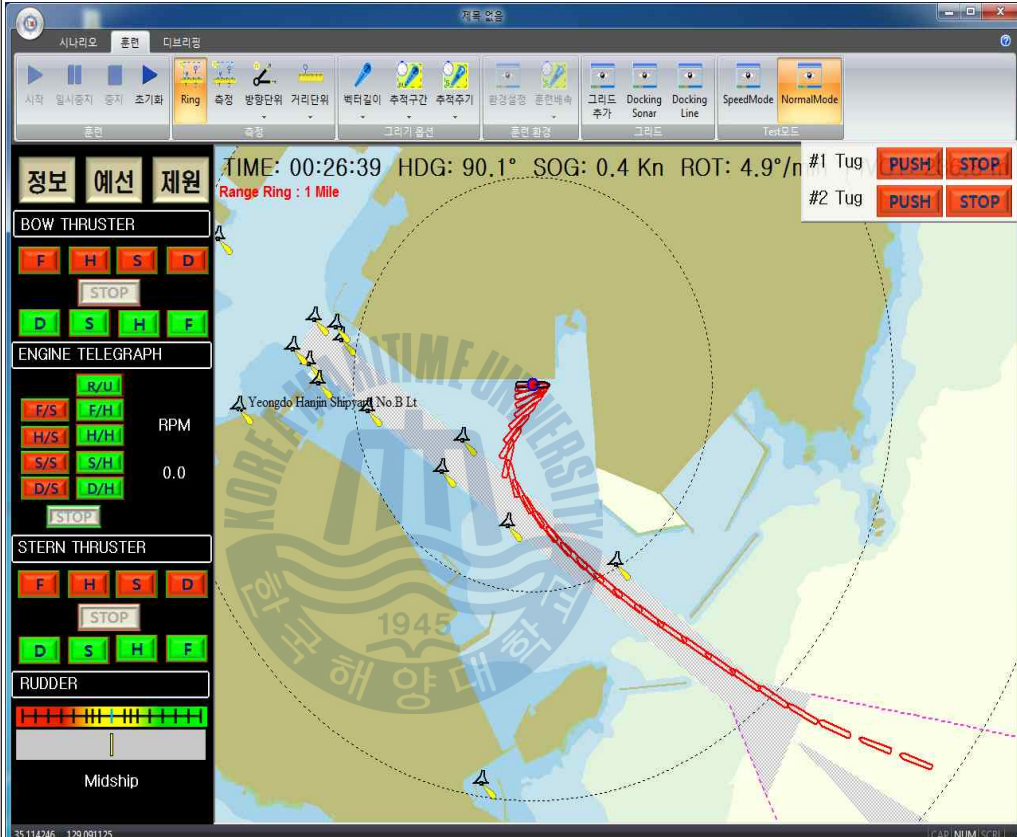
(1) 접안조건

방과제를 통과하는 속력은 외력이 강할 때를 기준으로 하면 최소한 10노트 내지 12노트 정도가 되고, 만약 정조시에 풍력이 약할 경우라면 7~8노트 정도로 기관은 극미속을 사용하면서 통과해도 무방하다. 2번 등부표 통과시 4~5노트로 감속하여 감만 2번과 3번 선석 중간을 보고 접근하다가 부두에서 2L 거리에서 3노트를 넘지 않도록 감속한 후 우현전타와 기관 극미속 전진으로 우선회하면서 부두로 접근한다. 필요시 예인선과 쓰러스터를 적절히 사용하고 선수가 감만부두 4번 끝단을 향하는 시점에서 회두를 멈추게 하는데, 이때의 선속은 2노트 이하가 될 것이다.

예인선은 방과제 가까운 곳에 대기하다가 적절히 감속이 되는 시점에 우현 선수 선미에 각각 예인색을 잡고, 2번 등부표를 통과하는 시점에는 선회를 도울 준비를 하여야 한다. 속력은 접안위치에 도달하는 시점에 1노트를 넘지 않도록 조절하고, 부두로부터의 이격거리가 선폭의 2배 정도부터는 평행을 유지하면서 저속으로 접근하되 재래부두의 방현재의 크기나 상태를 고려하여 최종 단계에 본선을 부두 전면 약 5미터에서 정지시키고, 계류색을 잡은 다음 계류색을 감아서 접안하는 것이 바람직하다. 선속이 과대할 경우, 후진기의 사용은 선회를 돕는 방향으로 작용하기 때문에 선속에 대한 부담은 우현접안에 비교하여 작은 편이다.

우현접안과 비교하여 변침에 대한 부담, 선속에 대한 부담 등이 작고 시간상으로 유리하다. 만약 동시간대에 신선대 부두에서 중소형의 출입항선이 있을 경우라도 크게 방해받지 않겠지만, 인접한 감만 2번과 3번 선석의 출입항선에 약간의 간섭은 피할 수 없으므로 유의해야 한다.

(2) 감만 4번 좌현접안

구분	감만 4번 좌현접안 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
B-3	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리		
	150m		200m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	50%	40%	50%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		접안 안전성		
	약간 안전함		약간 안전함		

<그림 4-13> 감만 4번 좌현접안

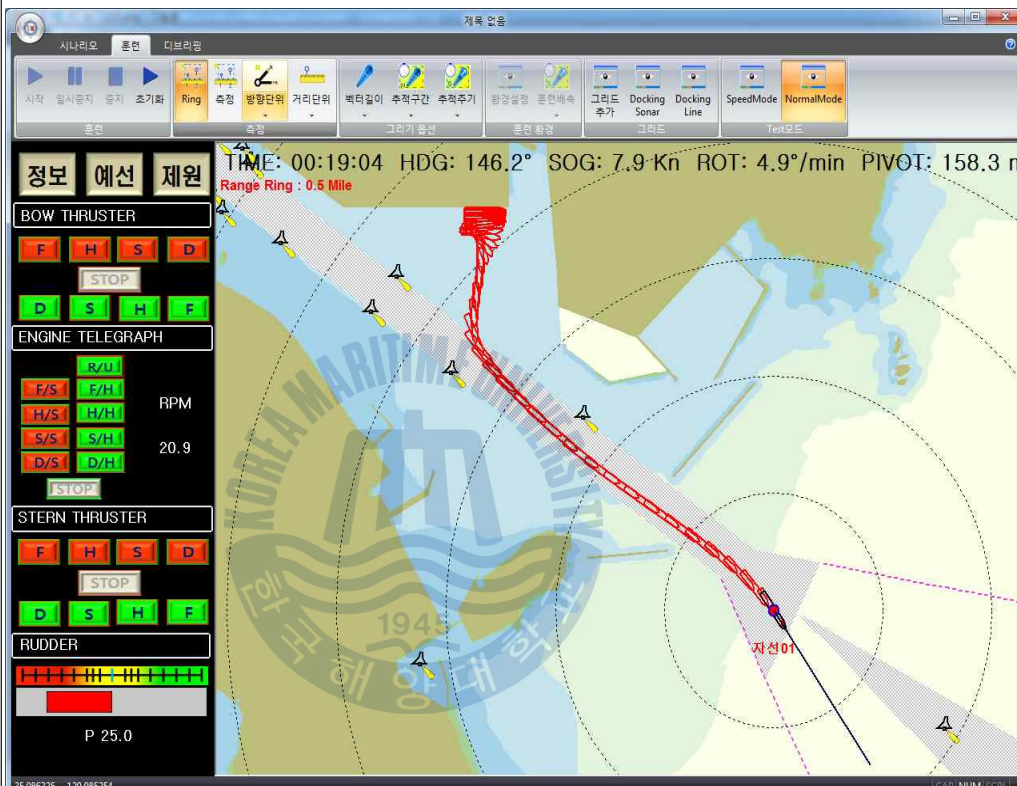
(3) 이안 조선

예인선은 각각 우현 선수와 선미에 4,000마력급으로 준비하여 예인색을 잡는다. 감만 4번 선석에서 신선대 2번 선석 중간까지의 직선거리는 약 350미터로 전진 반전을 하기에는 가깝다. 따라서 인접한 감만2번이나 감만3번 선석에 입출항하는 선박이 없는 경우에는 부두에서 예인선과 쓰러스터를 이용하여 2B이상 이격하면서 후진기관을 사용하여 전장의 1배 거리(1L) 정도 후진한 후 전진 반전 우선회하여 항로로 진입하는 것이 효과적이다. 인접한 수역을 타 선박의 입출항이나 기타 부두 전면의 작업으로 인하여 사용할 수 없는 경우에는 1/2L 즉, 200미터 이상 부두로부터 이격한 후 타 우현전타와 기관 극미속 전진을 짧게 사용하며 쓰러스터와 예인선의 조력으로 제자리에서 우선회하여 항로로 진입한다.

위 두 가지의 어느 경우라도 항로에 진입은 대략 40~50도의 각도로 이뤄짐으로 항로를 벗어나지 않고 정침하기 위하여 예인선 중 한 척은 좌현선미로 이동하여 대기하였다가 필요시에는 도움을 주도록 하여야 한다.



(4) 감만 4번 좌현접안에서 출항

구분	감만 4번 좌현접안에서 출항 시뮬레이션 분석 결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
B-4	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리	
	200m		150m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	40%	40%	60%	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		이안 안전성		
	약간 안전함		약간 안전함		

<그림 4-14> 감만 4번 좌현접안에서 출항

4.1.6 응급 조선편

4.1.6.1 오륙도 방파제 통과직전 정전사태 발생의 경우

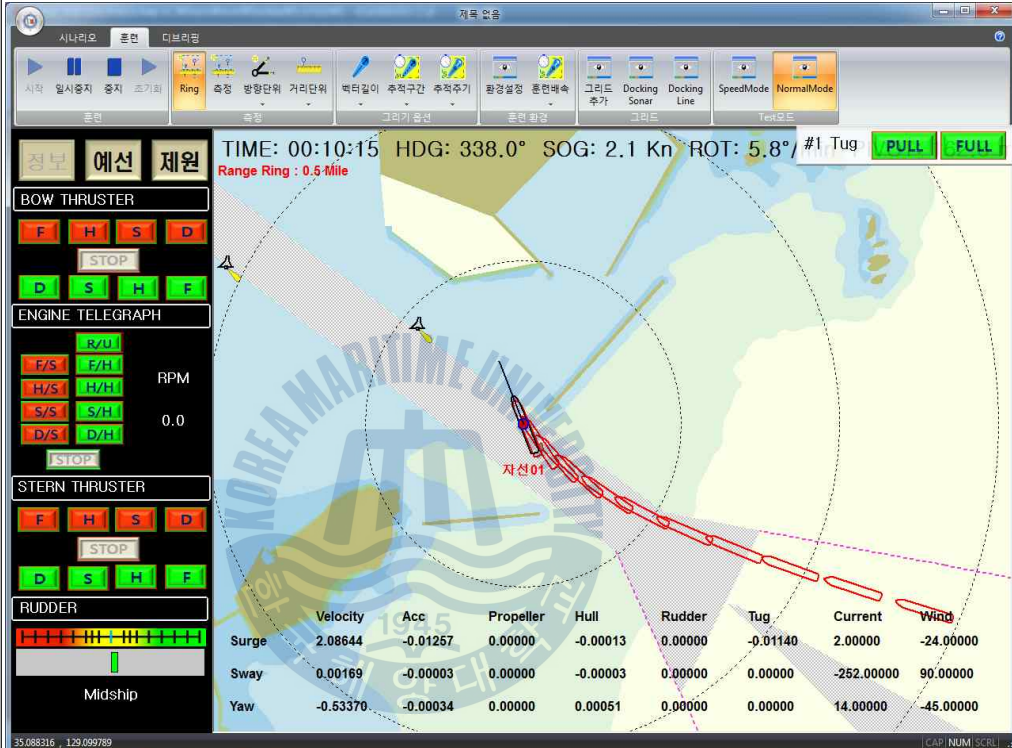
1) 비상조치

오륙도 방파제 통과 전 일정거리에서 발생한 정전(blackout)은 대형사고로 이어질 수 있는 심각한 일이다. 선박은 외력이 작용하지 않으면 관성에 의하여 기관정지 전의 상태를 상당시간 동안 유지하면서, 수저항에 의하여 서서히 감속될 것이다. 만약 정전상황이 변침 중에 일어난다면 조타기의 조작만으로 회두를 멈추기는 불가능하다. 따라서 방파제 부근에서의 대각도 변침을 지양하고, 항로의 어느 한 쪽에 극단적으로 치우치지 않으며 예인선은 충분한 시간 여유를 두고 언제든지 사용할 수 있도록 준비하여야 한다.

거대형 컨테이너선은 관성모멘트가 매우 큼으로 전진속력이 7노트 이상일 때, 예인선으로 당겨서 정지시키기에는 긴 시간이 걸리므로 위험을 회피하기에는 무리이고, 선미부를 밀어서 침로를 변경하여 방파제와의 충돌을 회피하는 것이 가장 효과적인 방법이다.

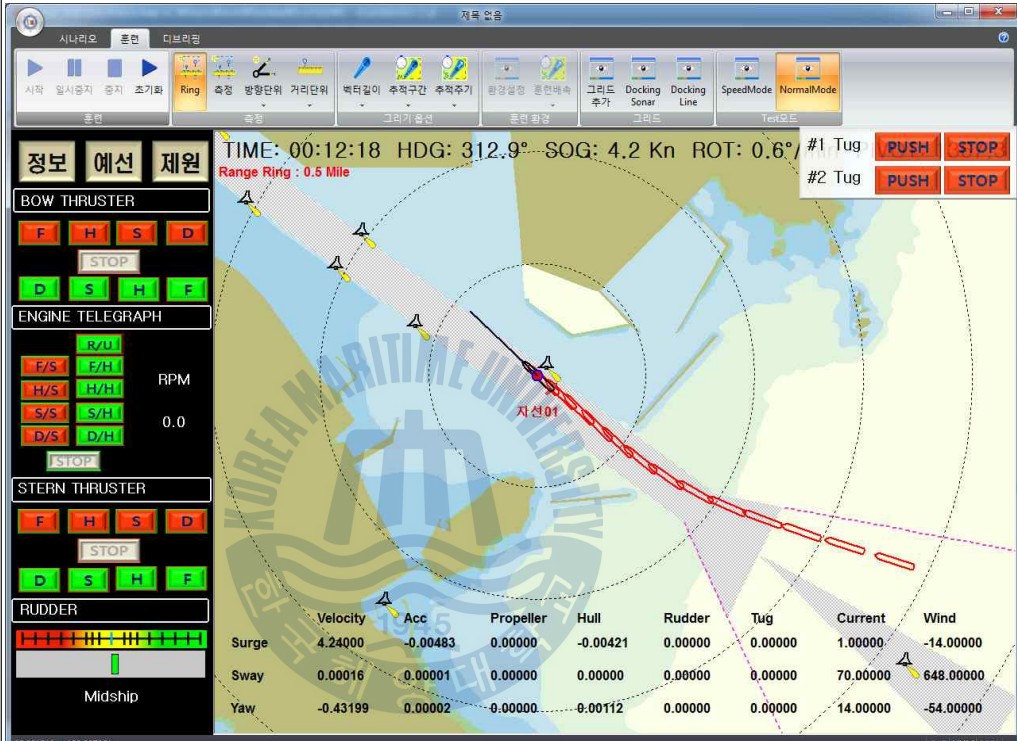
<그림 4-15>와 <그림 4-16>의 시뮬레이션 결과에서 그 차이를 알 수 있다.

2) 오륙도 방파제 통과전 정전상황 발생시의 비상조치(1)

구분	오륙도 방파제 통과전 정전상황 발생시의 비상조치(1) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
F-1	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리		
	50m		250m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	N/A	N/A	N/A	N/A	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		이안 안전성		
	매우 위험함		N/A		

<그림 4-15> 오륙도 방파제 통과 전 정전상황 발생 시의 비상조치(1)
(선미예선을 6시 방향으로 당겨서 정선)

3) 오륙도 방파제 통과전 정전상황 발생시의 비상조치(2)

구분	오륙도 방파제 통과 전 정전상황 발생시의 비상조치(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
F-2	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	오륙도 방파제 최근접거리		조도방파제 최근접거리		
	170m		180m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	N/A	N/A	N/A	N/A	
운항자의 주관적평가	방파제 통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		N/A		

<그림 4-16> 오륙도 방파제 통과 전 정전상황 발생 시의 비상조치(2)
(선미 예선으로 밀어서 침로를 조절하여 방파제 통과)

4.1.6.2 부두 전면에서의 정전사태 발생의 경우

부두 전면에서의 정전은 드물지만 간혹 겪게 되는 곤란한 경우이다. 선속이 과대하지 않고 부두에 대각도 접근이 아니라면 접안하는 반대현측 묘(Anchor)를 “Short stay”로 투묘하고, 예선을 선미방향으로 당겨서 정선시키면 될 것이다. 선수부에 여유 수역이 있고, 횡방향으로 1/2L 이상 이격되어 있으면서 선속이 3노트를 초과한 상태라면 선수예선은 당기고 선미예선은 밀어서 방향을 전환하여 접안선석에서 멀어지는 것이 좋은 방법이다. 선속이 2노트 이하에서 투묘하면 인묘저항(引錨抵抗)을 이용하여 선수를 안정시키는데 도움이 될 수 있다.

따라서 정전 상황이 발생하더라도 사고로 이어지지 않도록 하기 위해서는 충분한 여유를 두고 선속을 단계적으로 감속하여 최종단계에서는 선속이 2노트 이하가 되게 하고, 최소한 횡방향으로 2B 이상의 거리를 두고 평행에 가까운 상태로 만든 다음 안벽에 접근하여야 한다.

4.2 부산신항에서의 표준 및 응급 조선법

4.2.1 항로의 조건

부산신항의 항로는 가덕도의 동두말에서 마산항으로 이어지는 주항로인 가덕수도 중 ‘C’등부표 주변의 ‘주의해역’(Precautionary area)에서 신항항로로 나뉜다. 신항항로는 원래 600미터의 폭으로 설계되어있으나 중력식으로 시공한 서측 방파제 끝단의 침하를 막고자 근접한 준설을 피하여 대략 570미터 정도가 확보되어 있고, 가장 좁은 토도와 호란도 사이의 병목구간은 최초로 300미터로 시공되었다가 신항 개장 후 추가로 준설을 실시하여 420미터로 확장되었다. 확장된 부분은 암반구역으로 현재 최소수심이 14.6미터를 유지하고 있는데, 추후 전장 400미터급 거대형선의 안전한 출입항을 위해 최소한 폭 500미터까지의 확장 및 준설이 필요하다.

토도와 한진터미널 사이는 약 600미터의 항로폭을 유지하고 있지만 토도에 접근금지구역을 설정하여 실용구간은 540미터다.

토도 서측 항로는 서측컨테이너터미널 전면수역의 준설이 미완성인 상태로 510미터의 가용 항로폭을 유지하고 있다. 현재는 신항항로의 입구 출항항로에 2단계 중심준설이 진행 중으로 항로폭 300미터 정도를 확보하고, 일방통행으로 선박이 출입항하고 있는 실정이지만 이번 연구는 준설이 종료되고 정상적인 쌍방향 통행이 가능한 상태를 기준으로 진행한다.

4.2.2 부두의 조건

부산신항만의 부두는 9세대 초대형 컨테이너선의 접·이안의 요구에 비교적 만족할만한 시설이지만 7만톤급 선박을 기준으로 설치된 방현재는 거대형 컨테이너선의 접안에 취약하므로 장기적으로 볼 때 개선이 필요한 부분이다. 갠트리크레인과 본선과의 이격거리는 약 6미터로 적절한 편이지만, “Tripple E-class” 선박의 23열에는 주지 못하는 대부분의 22열의 갠트리크레인도 개선을 필요로 하는 부분이다.

북측컨테이너(북컨) 부두는 정확히 동서방향으로 4,300미터로 동측 끝의 1번부터 서측 끝의 13번까지 번호가 순차적으로 붙어있다. 남측컨테이너(남컨) 부두는 동쪽 끝에서 다목적부두로 연결되며, 방향은 대략 259도로 뻗어있고, 길이는 완공되면 3,500미터가 될 예정이고 현재 8번 선석까지 개장하여 운용 중에 있다.

서측 컨테이너 부두는 기초적인 매립공사가 진행 중에 있으며, 부두 시설의 완공에는 상당한 기간이 소요될 것으로 보여서 이번 연구에는 포함시키지 않도록 하였다.

4.2.3 대상 부두

대상 부두인 북컨 13번 선석은 H사의 4개 선석 중 가장 바깥쪽에 위치하여 접·이안에 어려움이 예상됨으로 H사의 대표선석으로 선택하였다.

북컨 8번은 M사의 동급 컨테이너선이 가장 빈번히 이용함으로 북측 컨테이너 부두의 대표선석으로 선택하였다.

남컨 8번은 C사의 동급 선박이 실제로 빈번히 이용할 뿐만 아니라 현재 사용

하는 남측 컨테이너터미널 선석 중 토도와 호란도 사이의 병목현상을 일으키는 위치에 가장 가까이 위치하고 있어서 거대형 컨테이너선의 접·이안에 어려움이 예상됨으로 선택하였다.

4.2.4 대상 선박

대상 선박은 부산북항의 경우와 동일하게 <표 2-3>의 13,000 TEU급 M사의 B 선박이다.

4.2.5 표준 조선큐법

4.2.5.1 싯항 북켑 13번 선석의 접안 및 이안 조섵

1) 접안 조섵

(1) 우현접안 조섵

이 선석에의 입출항은 우현접안을 원칙으로 한다. 예인선은 4,000마력급 두 척으로 동방파제 부근에서 대기하였다가 각각 좌현과 우현 선미에서 따라오면서 비상시를 대비한다. 본선이 토도와 호란도 사이를 통과할 시점에 각각 좌현 선수와 좌현선미에 예인색을 잡고 선회를 지원할 준비를 한다.

가덕수도에서의 침로는 339도, 속력은 12노트를 넘지 않으며, "C"등부표를 통과하여 싯항항로에 진입하는 시점의 속력은 10노트로 제한된다.¹⁷⁾ 동방파제를 통과할 시점에 8노트 정도로 감속한 후에 토도와 호란도 사이를 통과할 시점에 는 6노트 정도로 감속하고 기관을 정지한다. 목적하는 선석을 향하여 좌회두를 시작하기 전에 각각의 예인선은 선회를 도울 준비를 하되, 기관 후진 시에 발생하는 배수류의 측압작용에 의한 회두를 억제할 준비를 한다. 기관 미속이나 반속 후진으로 3노트 이내로 감속한 후에 좌현전타와 기관 극미속 전진에 더하여 쓰러스터와 예인선을 사용하여 좌선회를 시작하되, 선수방향이 북켑 13번 끝단과 일치하면 선회가 멈추도록 한다. 이후의 속력 조절은 전장의 2배 거리

17) '부산항운영세칙'(2007:14)

전에 2노트, 접안위치에 도달하는 시점에 1노트를 넘지 않도록 조절하고, 선폭의 2배 시점에서는 평행을 유지하며 저속으로 접근한다. 방현재의 반발을 고려하여 최종 접근 속도는 5cm/sec(0.1노트)로 제한하되 편심접안이 되지 않도록 주의하여야 한다.

(2) 좌현접안 조건

본선의 사정이나 하역작업상 특별히 좌현접안이 요구될 경우에는, 타선박의 통항에 문제가 없다면 토도 서측으로 접근하여 대각도 변침, 선회하여 접안하는 것이 바람직하다.

이것이 여의치 않을 경우에는 상기한 우현접안과 같이 토도와 호란도 사이로 접근하여 북컨 8번 부근에서 정선시킨 후 후진으로 접안하는 방법도 있다.

좌현접안의 경우, 거리상으로는 상당히 짧아지지만 거의 직각으로 접근하여야 하는 심리적인 부담으로 미리부터 감속하게 되고, 상당히 먼 거리에서 평행을 이룬 후 횡이동 하여야 하기 때문에 시간상으로는 오히려 불리할 수도 있다. 따라서 특별한 사정에 의하여 요구되는 경우가 아니면 이 선택에서는 우현접안이 바람직하다.

인접한 북컨 12, 11, 10번의 경우, 좌현접안은 북컨 13번의 좌현접안과 비교하면 접근 각도가 작기 때문에 조금 더 유리하다.

이상의 부산신항 북컨 13번 부두에서의 3가지 접안작업의 장·단점을 비교하면 아래 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 신항 북컨 13번 세 가지 접안의 경우에 대한 장단점 비교

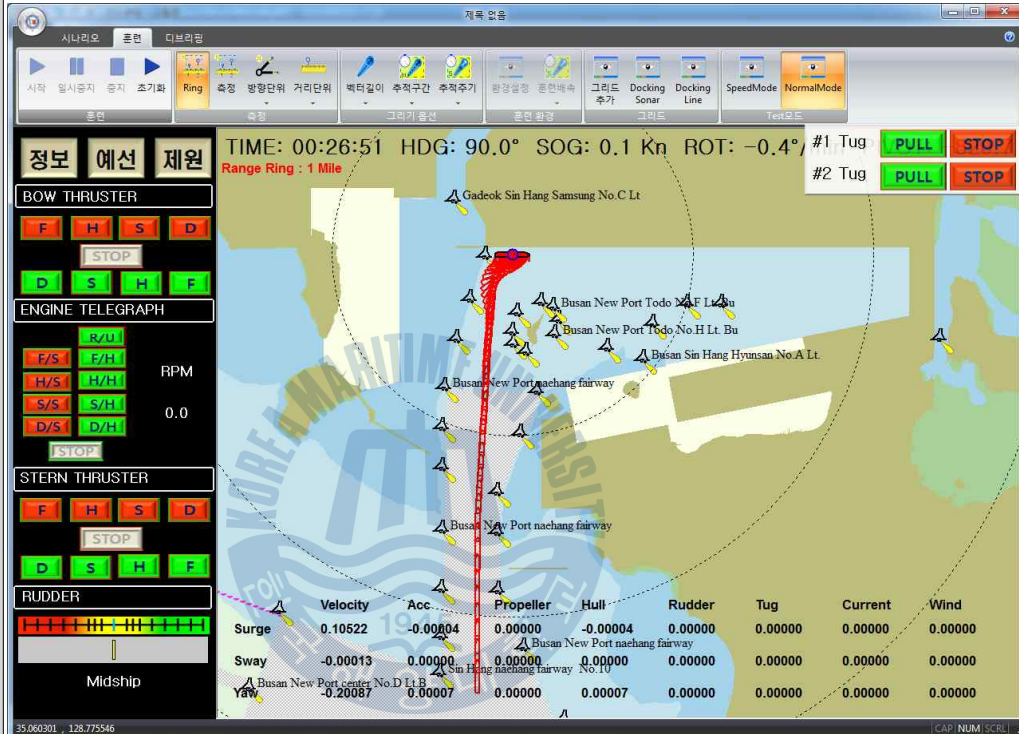
접안방법	접근항로	소요예선	시간	안전성	심리적 부담
우현접안	토도와 호란도 사이	2척	1	1	1
좌현접안-1	토도 서측 항로	2척	2	3	3
좌현접안-2	토도와 호란도 사이	2척	3	2	2

(3) 신항 북컨 13번 우현접안

구분	신항 북컨 13번 우현접안 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
C-1	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방과제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
	200m(동방과제)		150m(토도)		
	제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량
		70%	40%	30%	60%
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-17> 신항 북컨 13번 우현접안

(4) 신항 북컨 13번 좌현접안(1)

구분	신항 북컨 13번 좌현접안(1) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
C-2	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	80%	50%	20%	50%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 안전함		위험함		

<그림 4-18> 신항 북컨 13번 좌현접안(1)
(토도 서측항로 이용)

(5) 신항 북컨 13번 좌현접안(2)

구분	신항 북컨 13번 좌현접안(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
C-3	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	240m(동방파제)		120m(호란도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	30%	40%	70%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-19> 신항 북컨 13번 좌현접안(2)
(토도와 호란도 사이 항로 이용)

2) 이안 조선

(1) 이안조선의 개요

북컨 13번 우현접안에서 이안을 위하여 예인선은 4,000마력급으로 각각 좌현 선수와 선미에 한척씩을 준비한다. 기상이나 흘수를 고려하여 예선척수를 조정할 수 있다. 선수부의 준설이 이뤄지지 않은 상태로 막힌 것과 같으므로 부두로부터 2B 이상 이격하여 기관 극미속 후진으로 전장의 1배(1L) 정도 후진한 후, 타 좌현전타와 기관 극미속 전진으로 좌선회 시키되 예인선을 적절히 사용한다. 선회를 끝내고 토도 서측의 향로에 190도 정도로 정침될 때까지 예인선은 좌현 선미에 대기하도록 한다. 토도 서측 향로로 출항할 수 없는 경우 북컨 8번 전면까지 후진한 뒤 좌회두하여 토도와 호란도 사이로 출항하면 된다.

만약 좌현접안 상태에서의 이안작업의 경우, 타 선박과의 간섭이 없는 경우라면 부두로부터 2B 이상 이격한 후 전진 반전으로 선회하여 토도와 호란도 사이의 향로로 출항하는 것이 유리하다. 그러나 동 시간대에 출입항선이 있을 경우 토도와 한진부두 사이에서 선회하여 출항하는 수밖에 없을 경우가 있다. 이때는 2B정도 이격한 후 전진 반전으로 우선회하는 것이 바람직하다. 향로폭이 최소 540미터로 선회중 선수미에 여유가 100미터 이내로 될 때도 있으므로 현장에서 지휘하는 항해사는 최근접한 등부표 및 부두와의 거리변화를 매 10미터 간격으로 선교에 보고하도록 하여야 한다. 부두에서 3B정도 이격하여 북컨10번 전면까지 전진한 후 정선시키고, 후진반전으로 좌선회후 토도 서측향로로 출항하는 방법도 있는데 안전성과 효율면에서 모두 불리하다.


예인선은 본선이 선회를 완료하고 토도 서측 향로에서 190도로 정침할 때까지 선미에서 대기하여야 하며, 특히 겨울철 북서풍이 강할 경우, 좌현선미에서 대기하며 회두를 도울 준비를 하는 것이 좋다.

(2) 신항 북컨 13번 우현접안에서 출항(1)

구분	신항 북컨 13번 우현접안에서 출항(1) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
C-4	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
	230m(서방파제)		200m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	40%	40%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 안전함		약간 안전함		

<그림 4-20> 신항 북컨 13번 우현접안에서 출항(1)
(토도 서측 항로 이용)

(3) 신항 북컨 13번 우현접안에서 출항(2)

구분	신항 북컨 13번 우현접안에서 출항(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
C-5	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
	230m(서방파제)		160m(호란도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	40%	40%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성			이안 안전성	
	약간 위험함			안전함	

<그림 4-21> 신항 북컨 13번 우현접안에서 출항(2)
(토도와 호란도 사이 항로 이용)

(4) 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(1)

구분	부산신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(1) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
C-6	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)		방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리
제어도평가 (평균값)	타사용량		엔진사용량		여유 조타력
	60%		40%		40%
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		


<그림 4-22> 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(1)
(토도와 호란도 사이 항로 이용)

(5) 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(2)

구분	신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
C-7	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
	180m(동방파제)		130m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	50%	30%	50%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 안전함		약간 위험함		

<그림 4-23> 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(2)
(우선회, 토도 서측 항로 이용)

(6) 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(3)

구분	신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(3) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
C-8	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	240m(동방파제)		120m(호란도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		약간 위험함		

<그림 4-24> 신항 북컨 13번 좌현접안에서 출항(3)
(좌선회, 토도 서측 항로 이용)

*주의: 시뮬레이터 성능상 회두후의 관성이 궤적에 정상보다 오래 나타남

4.2.5.2 북컨 8번 선석의 접안 및 이안 조건

1) 좌현접안과 이안 조건

(1) 좌현접안 조건

부산신항의 북컨 8번 선석에는 좌현접안이 보편적이다. 인접한 7번 선석 동쪽의 부두에는 토도와 호란도 사이를 통과하여 적절한 각도를 유지하며 접근하여 접안하는 것이 유리하지만, 북컨 8번의 경우 오히려 토도와 한진부두 사이로 접근하는 것이 횡이동에 대한 시간상의 부담이 작아 유리할 수 있다. 당시의 주변 상황과 날씨 등을 고려하여 결정할 사항이지만 이들을 비교하여 정리하면 <표 4-4>와 같다.

토도와 호란도 사이로 입항하는 경우, 항로상의 접근 방법이나 감속 등은 북컨 13번에 접안하는 것과 대체로 유사하고, 배수류 측압작용에 의한 회두 등을 감안하여 토도 호란도 사이를 통과할 당시 침로는 045도 정도로 정침하여 선수를 북컨 6번 중간으로 향하는 것이 유리하다.

예인선은 4,000마력급 이상 두 척으로 동방파제 부근에서 대기하였다가 각각 좌현과 우현 선미에서 따라오면서 비상시를 대비한다. 선미에 따라오던 예인선을 우현선수.미에 예인색을 잡게 한 이후의 속력 조절은 전장의 2배 거리 전에 2노트, 접안위치에 도달하는 시점에 1노트를 넘지 않도록 조절하고 선평의 2배 시점에서는 평행을 유지하며 저속으로 접근한다. 방현재의 반발을 고려하여 최종 접근 속도는 5cm/sec(0.1 노트)로 제한하되 편심접안이 되지 않도록 주의한다.

토도와 한진부두 사이로 입항하는 경우에는 8노트의 속력으로 동방파제를 통과하자마자 기관 정지 후 기관 미속이나 반속 후진으로 선수부가 토도와 Abeam될 시점에 3노트가 되도록 감속한다. 이후 우현전타 및 기관 극미속 전진을 사용하면 ROT는 분당 약 7내지 8도에 이를 것이다.

타와 기관의 사용만으로는 안전한 회두가 불가능하므로, 쓰러스터와 예인선을 사용하여 ROT가 약 12도 내지 15도에 이르면, 약 600미터의 거리를 진행하는 7분 동안 80도의 변침각을 약간의 여유를 가지고 회두하게 된다. 회두 완료 시점의 속력은 대략 2노트 정도가 되는데 접안위치에 도달하는 시점에 1노트를 넘지 않도록 조절하고 2B 시점에서부터 평행을 유지하며 접근한다. 방현재의 반발을 고려하여 최종 접근속도는 5cm/sec (0.1 노트)로 제한하되 편심접안이 되지 않도록 주의한다. 인접한 부두에 타선박이 접안해 있는 경우에는 그 선박의 선폭만큼 더 여유를 두고 평행을 만든 뒤에 접근한다.

이상의 부산신항 북컨 8번 부두에서의 좌현접안을 위하여 토도와 호란도 사이를 통항하는 경우와 토도 서측을 통항하는 경우의 장단점을 비교하면 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 신항 북컨 8번 좌현접안의 두 경우에 대한 장단점 비교

접안방법	접근항로	소요예선	시간	안전성	심리적 부담
좌현접안-1	토도와 호란도 사이	2척	2	1	1
좌현접안-2	토도 서측 항로	2척	1	2	2

(2) 신항 북컨 8번 좌현접안(1)

구분	부산신항 북컨 8번 좌현접안(1) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
D-1	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	240m(동방파제)		120m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	50%	40%	50%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		약간 위험함		

<그림 4-25> 신항 북컨 8번 좌현접안(1)

(토도-호란도 사이 항로로 입항)

(3) 신항 북컨 8번 좌현접안(2)

구분	신항 북컨 8번 좌현접안(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
D-2	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)		방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리
			240m(동방파제)		200m(토도)
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-26> 신항 북컨 8번 좌현접안(2)
(토도 서측 향로로 입항)

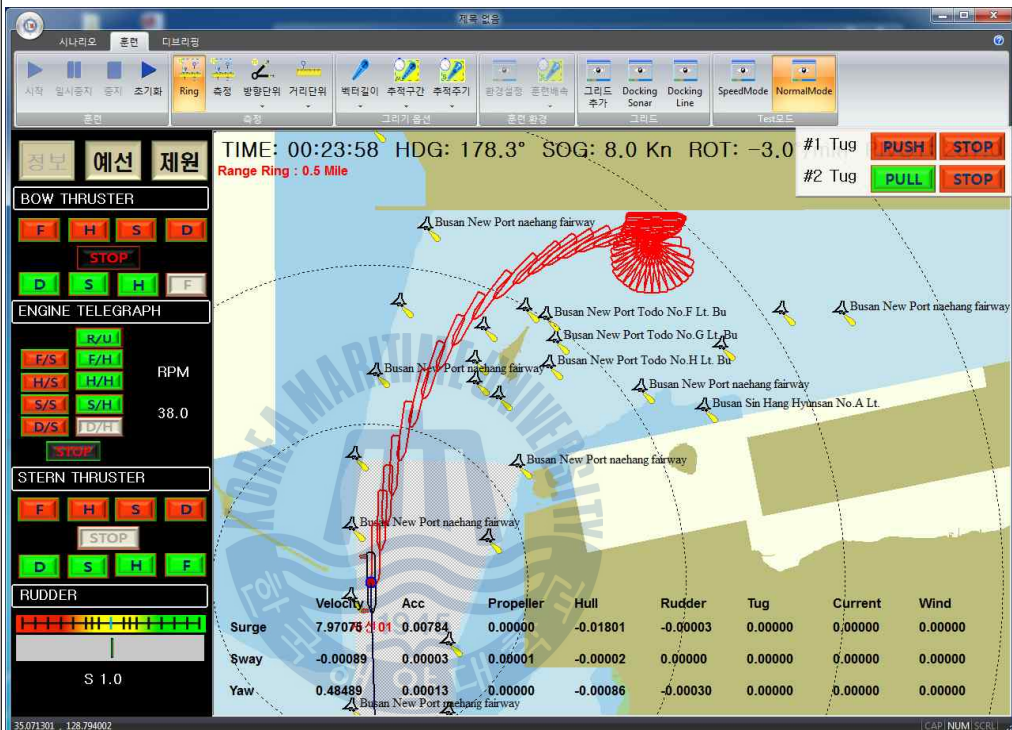
(4) 이안 조선

부산신항 북컨 8번 부두 좌현접안 상태에서 이안작업을 위하여 예인선은 4,000마력급 이상 두 척을 준비하고 우현선수와 선미에 예인색을 잡는다. 전진반전과 후진반전은 당시의 교통량과 외력의 영향을 고려하여 결정한다. 선수에 치우쳐 위치한 선교의 위치를 감안할 때, 후진반전 좌선회가 유리하다. 부두에서 2B 정도 이격한 후, 기관 후진 극미속으로 발령하고, 쓰러스터와 예인선을 이용하여 좌선회한다. 선수에서 선교까지의 거리가 약 150미터로 송도의 서컨 배후지에 설치된 도등(북컨과 350미터 이격)을 활용하면 북컨과의 이격거리를 짐작하는데 도움이 된다. 동 시간대에 토도와 호란도 사이로 입출항 선박이 있는 경우에는 간섭을 피하기 위하여 북컨 10번 중간까지 후진하여 좌선회하는 것이 필요하다.

한진부두에 출입항선박이 있어 전진반전으로 출항하여야 할 경우에는 2B 이상 이격한 후 우현전타와 기관 극미속 전진에 더하여 쓰러스터와 예인선을 사용하여 우선회하여 출항한다.



(5) 신항 북컨 8번 좌현접안에서 출항(1)

구분	신항 북컨 8번 좌현접안에서 출항(1)				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
D-3	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	180m(동방파제)		140m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-27> 신항 북컨 8번 좌현접안에서 출항(1)

(좌선회 혹은 후진반전 후 토도 서측 향로로 출항)

*주의: 시뮬레이터 성능상 회두후의 관성이 궤적에 정상보다 오래 나타남

(6) 신항 북컨 8번 좌현접안에서 출항(2)

구분	부산신항 북컨 8번 좌현접안에서 출항(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
D-4	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	250m(동방파제)		150m(호란도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	30%	30%	70%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		약간 위험함		

<그림 4-28> 신항 북컨 8번 좌현접안에서 출항(2)
(우선회 후 토도-호란도 사이 항로로 출항)

2) 우현접안과 이안 조건

(1) 우현접안 조건

하역상의 필요에 의하거나 본선의 사정에 의하여 우현접안이 필요한 경우, 부두 전면에서 선회에 걸리는 시간은 타 선박의 통항에 간섭을 유발할 것이다. 대략 25분 정도의 시간이 추가로 필요하며, 선회 중 인접한 부두에 출입항선은 간섭을 피할 수 없을 것이다. 선회하는 방향은 당시의 상황을 고려하여 결정하여야 하겠지만, 선회효율 면에서는 배수류 측압작용으로 우선회가 유리하나 횡이동에 시간이 많이 걸리므로 시간적으로는 좌선회가 유리하다.

우선회의 경우, 토도와 호란도 사이를 5~6노트로 통과하여 북컨 8번에 1/2L에 안전거리를 더한 200미터까지 선수부를 부두에 접근시키되, 인접한 부두에 접안선박이 있을 경우에는 그 선박의 선폭만큼 이격거리를 더 준다. 선회를 시작하는 시점의 선속은 3노트를 넘지 않도록 하고, 짧은 거리에서 모든 요소를 선회에 집중하여 효율을 극대화하여 선회에 걸리는 시간을 단축하여야 한다.

한편, 좌선회의 경우에는 북컨 8번에서 2L 정도 이격하여 예정선석을 통과하는 시점에서 선회를 시작하되, 그 때의 선속은 2노트를 넘지 말아야 한다. 타는 좌현전타에 기관 극미속 전진하고, 쓰러스터와 예인선을 선회에 집중하되 선회가 종료되는 시점의 정횡거리는 3B를 넘지 않도록 조절하고 2B부터는 평행상태를 유지한다.

부산신항 북컨 8번 부두에서의 우현접안을 위하여 우선회 접안하는 경우와 좌선회 접안하는 경우를 비교하면 <표 4-5>와 같다.

<표 4-5> 신항 북컨 8번 우선회와 좌선회 우현접안의 장단점 비교

선회방향	접근항로	소요예선	소요시간	안전도	심리적 부담
우선회	북컨 8번에서 250m 이격	2척	2	1	1
좌선회	북컨 8번에서 800m 이격	2척	1	2	2

(2) 신항 북컨 8번 우선회 우현접안

구분	신항 북컨 8번 우선회 우현접안 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
D-5	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)	방과제 최근접거리 240m(동방과제)		토도 혹은 호란도 최근접거리 150m(호란도)	
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	50%	30%	50%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-29> 신항 북컨 8번 우선회 우현접안

(3) 신항 북컨 8번 좌선회 우현접안

구분	신항 북컨 8번 좌선회 우현접안 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
D-6	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)		토도 혹은 호란도 최근접거리		
제어도평가 (평균값)	방과제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
	240m(동방과제)		150m(토도)		
운항자의 주관적평가	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		약간 위험함		

<그림 4-30> 신항 북컨 8번 좌선회 우현접안

(4) 이안 조선

부산신항 북컨 8번 우현접안 상태에서 이안작업을 위하여 예인선은 4,000마력급 이상 두 척을 준비하고 좌현선수와 선미에 예인색을 잡는다. 적화상태와 기상상태에 따라서 예인선의 척수를 조절할 수 있다. 시간상 큰 차이는 없지만 토도와 한진부두 사이로 출항하는 것이 약간 유리하다. 다만 80도에 이르는 대각도 변침이 부담이기 때문에 예인선은 본선이 190도에 정침할 때까지 선미에 따라오며 대기하여야 한다. 토도와 호란도 사이로 출항해야할 사정이 생기면 그렇게 해야겠지만 효율 면에서는 불리하다. 직각에 가까운 회두를 피하기 위해서는 1L 이상 후진하고 2B이상 이격한 다음 좌현전타 기관 극미속 전진에 더하여 쓰러스터와 예인선을 사용하여 좌선회하여 토도와 호란도 사이의 항로로 출항하면 된다.



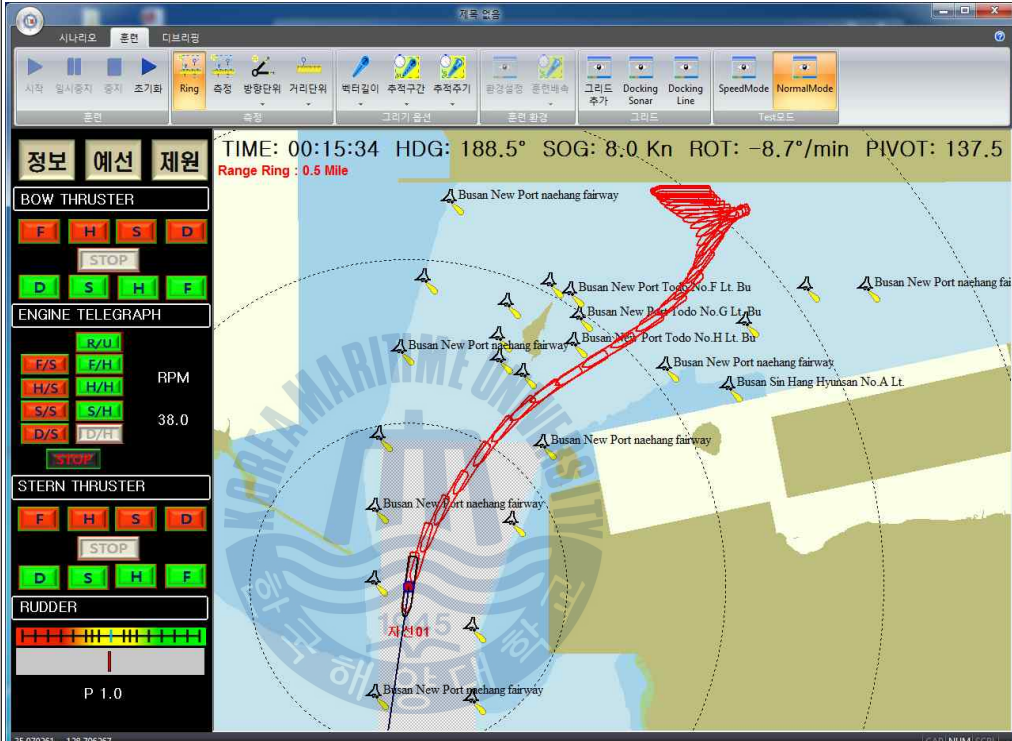
(5) 신항 북컨 8번 우현접안에서 출항(1)

구분	신항 북컨 8번 우현접안에서 출항(1) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
D-7	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방과제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	130m(서방과제)		120m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-31> 신항 북컨 8번 우현접안에서 출항(1)
(토도 서측 항로로 출항)

*주의: 시뮬레이터 성능상 회두후의 관성이 궤적에 정상보다 오래 나타남

(6) 신항 북컨 8번 우현접안에서 출항(2)

구분	신항 북컨 8번 우현접안에서 출항(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
D-8	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방과제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	200m(서방과제)		180m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	30%	30%	70%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 안전함		약간 안전함		

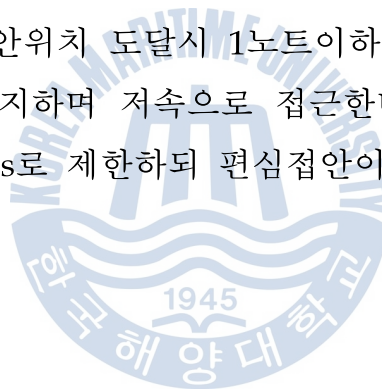
<그림 4-32> 신항 북컨 8번 우현접안에서 출항(2)
(토도-호란도 사이로 출항)

4.2.5.3 남컨 8번 선석의 접안 및 이안 조선

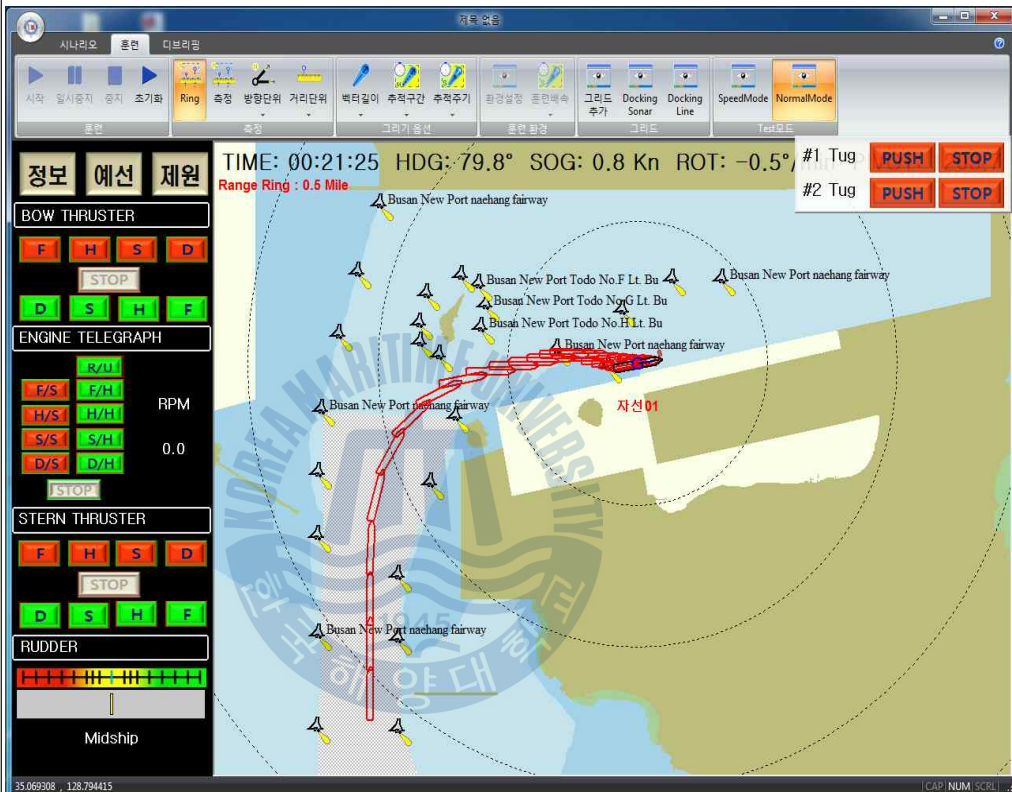
1) 우현접안과 이안 조선

(1) 우현접안 조선

남컨 8번 선석의 우현접안을 위하여, 토도와 호란도 사이를 통과한 후 접안 부두까지의 거리는 1,700미터(남측 컨테이너 부두 전면 준설 완료시 1,500m)로 3노트 정도의 타력 진행시의 감속을 고려하면 통과시의 속력은 5노트 정도가 적당하겠지만, 외력이 강한 경우에는 이를 극복하기 위하여 6~7노트의 속력이 필요하다. 예인선은 두 척이 동방파제 통과시 준비하여 선미에 따라오다가 토도와 호란도 사이를 통과하는 시점에 예인색을 잡는다. 토도와 호란도 사이를 통과하는 즉시 기관 정지하고 기관 미속 혹은 반속 후진하여 감속하되, 접안부두 2L 전방에서 2노트, 접안위치 도달시 1노트이하가 되도록 감속한다. 선폭의 2배 시점에서는 평행을 유지하며 저속으로 접근한다. 방현재의 반발을 고려하여 최종 접근 속도는 5cm/s로 제한하되 편심접안이 되지 않도록 주의한다.



(2) 신항 남컨 8번 우현접안

구분	신항 남컨 8번 우현접안 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
E-1	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방과제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	240m(동방과제)		200m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	50%	30%	50%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-33> 신항 남컨 8번 우현접안

(3) 이안 조선

남컨 8번 우현접안에서 이안 조선을 위하여, 예인선은 4,000마력급 이상 두 척을 준비하고 좌현선수와 선미에 예인색을 잡는다. 전진반전과 후진반전은 당시의 교통량과 외력의 영향을 고려하여 결정하여야 하지만, 후진반전후 토도와 호란도 사이 항로로 출항하는 것이 안전과 효율면에서 가장 바람직한 방법이다. 부두에서 최소한 2B 이상 이격한 후 타와 기관, Thruster와 예인선을 사용하여 선회 후 출항하면 되는데 토도와 호란도 사이 항로를 이용하거나 토도와 한진부두 사이의 항로를 이용하는 어느 경우라도 예인선은 선미에 대기하여 회두가 끝나고 190도 혹은 240도로 정침될 때까지 대기해야한다.




(4) 신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(1)

구분	신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(1) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
E-2	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	150m(서방파제)		200m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-34> 신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(1)
(좌선회 후 토도 서측으로 출항)

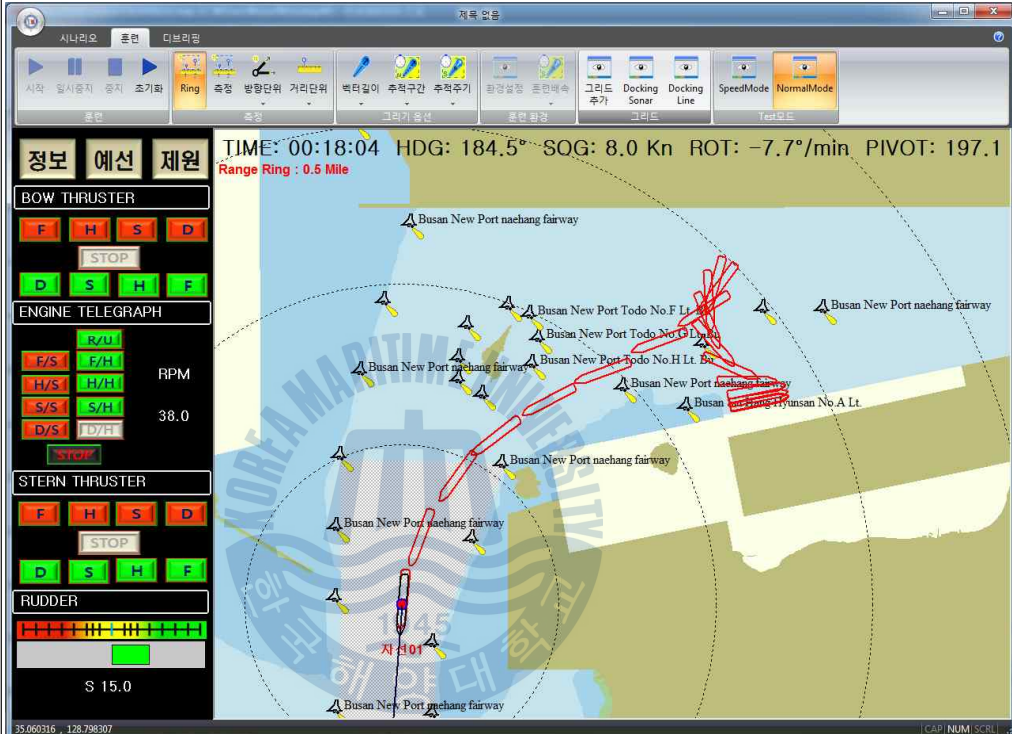
*주의: 시뮬레이터 성능상 회두후의 관성이 궤적에 정상보다 오래 나타남

(5) 신행 남컨 8번 우현접안에서 출항(2)

구분	신행 남컨 8번 우현접안에서 출항(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
E-3	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리	
	250m(서방파제)		240m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	60%	30%	40%	70%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-35> 신행 남컨 8번 우현접안에서 출항(2)
(우선회 후 토도 서측으로 출항)

(6) 신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(3)

구분	신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
E-4	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)		방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리
제어도평가 (평균값)	타사용량		엔진사용량		여유 조타력
	60%		30%		40%
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 안전함		약간 안전함		

<그림 4-36> 신항 남컨 8번 우현접안에서 출항(3)
(우선회 후 토도-호란도 사이로 출항)

2) 좌현접안과 이안 조선

(1) 좌현접안 조선

남컨 8번 선석의 좌현접안 조선의 경우, 당시의 조건과 상황에 따라 좌선회와 우선회를 선택하게 된다. 기관 후진기 사용 시 배수류의 측압작용 등을 고려한 효율 면에서는 우선회가 유리하겠지만 기관 고장 등과 같은 비상시를 고려하면 좌선회가 유리하다. 배수류 측압작용에 의한 회두의 도움을 받을 수 없는 좌선회의 경우 선회전의 속도가 과대하지 않도록 주의해야 한다.

① 좌선회 좌현접안 조선

남컨 8번 선석에서 좌선회 접안조선을 위해서, 예인선은 4,000마력급 두 척으로 동방파제 부근에서 대기하여 각각 좌현과 우현 선미에서 따라오면서 비상시에 대비하다가 토도와 호란도 사이에 회두 후 정침되면 우현선수와 선미에 예인선을 잡는다. 동방파제를 통과할 시점에 8노트 정도로 감속한 후에 토도와 호란도 사이를 통과할 시점에는 6노트 정도로 감속하고 기관을 정지한다. 기관 후진을 사용하여 선교위치를 정황으로 통과하는 시점에 2노트가 되도록 감속하고 접안선석에서 약 200미터 이격하여 평행으로 접근한다. 선교가 브리지표시기를 통과하는 시점에, 좌현전타와 기관 극미속 전진으로 좌선회를 시작하며 쓰러스터와 예인선을 적절히 사용한다.

일정한 선회각속도에 이르면 기관 정지하고 계속 선회하여 180도 선회가 완료되면 선속은 1노트를 넘지 않을 것이다. 속력을 조절하며 부두로 접근하되 2B에서 부터는 평행을 유지하고, 방현재의 반발력과 강도를 고려하여 최종접근 속도는 5cm/sec이하가 되도록 하되 편심접안이 되지 않도록 한다.

② 우선회 좌현접안 조선

남컨 8번 선석에 우선회 좌현접안을 위하여, 예인선은 4,000마력급 두 척으로 동방파제 부근에서 대기하여 각각 좌현과 우현 선미에서 따라오면서 비상시에

대비하다가 토도와 호란도 사이에 회두 후 정침되면 우현선수와 선미에 예인색을 잡는다. 동방과제를 통과할 시점에 8노트 정도로 감속한 후에 토도와 호란도 사이를 통과할 시점에는 6노트 정도로 감속하고 기관을 정지한다. 기관 후진을 사용하여 선교위치를 정횡으로 통과하는 시점에 3노트가 되도록 감속하고, 접안선석에서 약 800미터 이격하여 평행으로 접근한다. 선교가 브리지 표시기를 통과하는 시점에, 우현 전타와 기관 극미속 전진으로 우선회를 시작하며 Thruster와 예인선을 적절히 사용한다.

일정한 선회각속도에 이르면 기관 정지하고 계속 선회하여 150도 정도 선회가 진행되어 선수가 접안부두의 선수쪽 끝단에 맞추어지면 선회를 중지한다. 이때의 선속은 1노트를 넘지 않을 것이다. 속력을 조절하며 부두로 접근하되 2B에서 부터는 평행을 유지하고, 방현재의 반발력과 강도를 고려하여 최종접근 속도는 5cm/sec이하가 되도록 하되 편심접안이 되지 않도록 한다.

위 세 가지 경우 접안의 장단점을 비교하면 <표 4-6> 과 같다.

<표 4-6> 신항 남컨 8번 세 가지 접안의 경우에 대한 장단점 비교


접안방법	입항자세	소요예선	시간	안전성	심리적 부담
우현접안	입선수세	2척	1	1	1
좌현접안-1	좌선회 출선수세	2척	3	2	2
좌현접안-2	우선회 출선수세	2척	2	3	3

(2) 신항 남컨 8번 좌선회 좌현접안

구분	신항 남컨 8번 좌선회 좌현접안 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
E-5	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)		방과제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리
			240m(동방과제)		150m(호란도)
제어도평가 (평균값)	타사용량		엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량
	70%		50%	30%	50%
운항자의 주관적평가	통항 안전성			접안 안전성	
	약간 위험함			약간 안전함	

<그림 4-37> 신항 남컨 8번 좌선회 좌현접안

(3) 신항 남컨 8번 우선회 좌현접안

구분	신항 남컨 8번 우선회 좌현접안 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
E-6	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)		방과제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리
			240m(동방과제)		150m(토도)
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		약간 위험함		

<그림 4-38> 신항 남컨 8번 우선회 좌현접안

(4) 이안 조선

부산신항 남컨 8번 선석에서의 이안 조선을 위하여, 예인선은 4,000마력급 이상 두 척을 준비하고 본선의 우현 선수와 선미에 예인색을 잡는다. 적화상태와 기상상태에 따라서 예인선의 척수를 조절할 수 있다. 부두에서 1B이상 이격하여 출항하되 동 시간대에 입항선이 없을 경우, 토도와 호란도 사이로 출항하는 것이 상대적으로 소각도 변침(60도), 짧은 항로 등으로 유리하다. 토도와 호란도 사이로 입항선이 있을 경우에는 토도와 한진터미널 사이의 항로를 이용하게 되고, 이 경우의 회두각은 약 110도에 이르러 위험은 다소 증가하게 되는데 특히 북서풍이 강한 동계에는 세심한 주의가 필요하다. 어느 경우나 예인선은 본선의 회두가 끝나고 240도 혹은 190도에 정침할 때까지 선미에 대기하며 비상시에 대비하여야 한다.



(5) 신항 남컨 8번 좌현접안에서 출항(1)

구분	신항 남컨 8번 좌현접안에서 출항(1) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
E-7	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	근접도평가 (최근접 거리 측정)	방파제 최근접거리 240m(동방파제)		토도 혹은 호란도 최근접거리 130m(토도)	
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	40%	30%	60%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 안전함		안전함		

<그림 4-39> 신항 남컨 8번 좌현접안에서 출항(1)
(토도-호란도 사이로 출항)

*주의: 시뮬레이터 성능상 회두후의 관성이 궤적에 정상보다 오래 나타남

(6) 신항 남컨 8번 좌현접안에서 출항(2)

구분	신항 남컨 8번 좌현접안에서 출항(2) 시뮬레이션 분석결과				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
E-8	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
	240m(동방파제)		130m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	70%	50%	30%	50%	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		이안 안전성		
	약간 위험함		약간 안전함		

<그림 4-40> 신항 남컨 8번 좌현접안에서 출항(2)
(토도 서측 항로로 출항)

4.2.6 응급 조선큐법

4.2.6.1 토도 서측 항로 입항 중 정전상항 발생의 경우

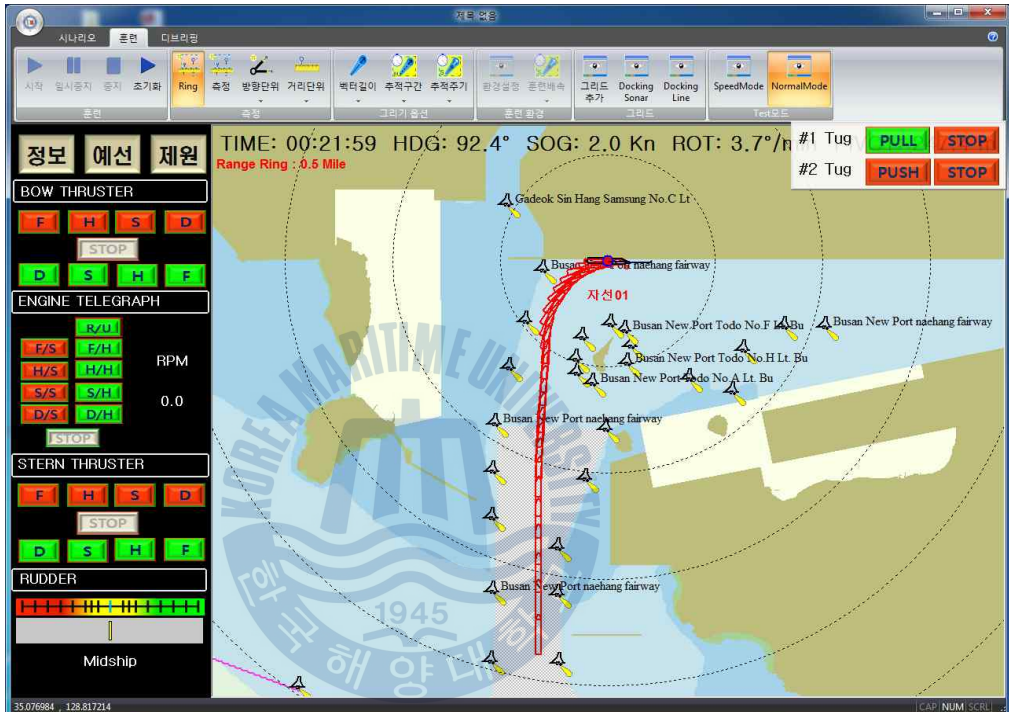
1) 시뮐레이션 개요

시뮐레이션은 토도 통과 시점에 정전상항이 발생하여 우현 선미 예선 한척으로 밀어서 우회두시켜 위험을 피하고자 하였으나, 충분한 선회 각속도를 얻지 못하고 선회가 거의 완료된 시점에 북측 부두에 접촉한 결과를 보여준다. 정전상항 발생 시의 선속과 예인선의 마력에 따라 차이가 있을 수 있지만, 예인선 한 척을 사용하여 입항하는 경우의 위험성을 짐작할 수 있다. 예인선을 두 척을 사용하는 경우 이러한 사고를 충분히 회피할 수 있음을 두 번째 시뮐레이션에서 확인할 수 있다. 3노트의 선속에서 정전상항이 발생하였기 때문에 선수 예인선은 당기고 선미 예인선은 미는 경우에도 사고의 위험을 충분히 회피할 수 있다. 선속이 4노트 이상으로 조금 과대할 경우에는 선미 우현을 두 대의 예인선으로 미는 것만이 유일한 회피수단이 될 것이다. 따라서 이 경우에 적절한 속력의 조절은 매우 중요하다.

2) 시뮐레이션 수행결과

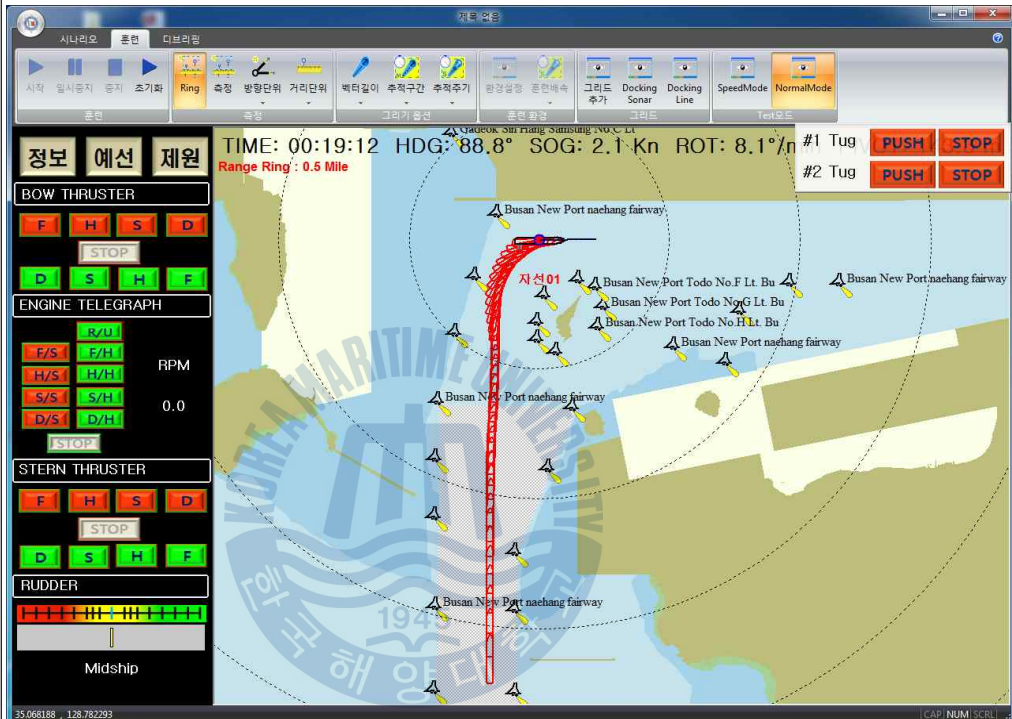
시뮐레이션을 수행한 결과는 <그림 4-41> 및 <그림 4-42>와 같다.

(1) 토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생(1)

구분	토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생(1) 시뮬레이션 분석결과 (예인선 1 척 사용)				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
F-3	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		북컨 12번 선석 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	220m(동방파제)		0m(북컨 12번 충돌)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	N/A	N/A	N/A	N/A	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	매우 위험함		N/A		

<그림 4-41> 토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생(1)
(예인선 1 척으로 우현선미를 밀었으나 북컨 12번에 접촉)

(2) 토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생(2)

구분	토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생(2) 시뮬레이션 분석결과 (예인선 2 척 사용)				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
F-4	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	방파제 최근접거리		북컨 12번 선석 최근접거리		
	220m(동방파제)		260m		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	N/A	N/A	N/A	N/A	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	약간 위험함		N/A		

<그림 4-42> 토도 서측 항로 입항 중 정전상황 발생(2)
(예인선 2 척으로 우현선미를 밀어 사고를 회피함)

4.2.6.2 토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생의 경우

1) 시뮬레이션 개요

협수로 통과 전 일정거리에서 발생한 정전(blackout)은 대형사고로 이어질 수 있는 심각한 일이다. 선박은 외력이 작용하지 않으면 관성에 의하여 기관정지 전의 상태를 상당시간 동안 유지하면서, 수저항에 의하여 서서히 감속될 것이다. 만약 정전상황이 변침 중에 일어난다면 조타기의 조작만으로 회두를 멈추기는 불가능하다. 따라서 항로의 좁은 병목구간에서는 변침을 지양해야 하지만 신항의 항로여건은 그러하지 못하다.

따라서 비상시를 대비한 예인선의 준비는 항로가 실제적으로 좁아지는 동방파제 부근에서 시작되어야 하며, 언제든지 예선의 지원이 가능한 속력을 유지하여야 한다. 예컨대 7노트의 속력으로 진행하다가 기관이 고장 날 경우, 선미 예인선은 선미를 원하는 방향으로 밀어서 본선의 침로를 바꾸는 데 도움을 줄 수 있다. 예인선은 반드시 예인색을 잡지 않은 상태로 선미 좌우측에 각각 1척씩 대기하며 비상시를 대비하여야 한다.

첨부한 시뮬레이션 결과는 한척의 예인선이 우현 선미를 밀었지만 충분한 선회 각속도를 얻지 못하여 좌초된 경우와, 두 척의 예인선이 우현선미 부근을 밀어서 좌초를 회피한 경우의 차이를 보여 준다.

따라서 본선이 회두를 끝내고 토도와 호란도 사이에서 060도 부근에 정침이 될 때까지 예인선은 본선과의 사이에 예인색을 잡지 않은 상태를 유지해야만 이러한 긴급상황에서 대응이 가능하다.

2) 시뮬레이션 수행결과

시뮬레이션을 수행한 결과는 <그림 4-43> 및 <그림 4-44>과 같다.

(1) 토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생(1)

구분	토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생(1) 시뮬레이션 분석결과 (예선 1 척 사용)				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
F-5	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
근접도평가 (최근접 거리 측정)	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
	240m		0m(토도 좌초)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	N/A	N/A	N/A	N/A	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	매우 위험함		N/A		

<그림 4-43> 토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생(1)

(선미 예인선 1 척만 사용하여 방향전환 시도하였으나 토도에 좌초)

(2) 토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생(2)

구분	토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생(2) 시뮬레이션 분석결과 (예선 2 척 사용)				
상황	선수 예선 및 선미 예선 활용				
시나리오	대상선박	바람 (노트)	조류 (노트)	파고 (m)	비고
F-6	140K급 컨테이너선	00노트	00노트	00	주간, 도선사 직접 수행
항적도					
	방파제 최근접거리		토도 혹은 호란도 최근접거리		
근접도평가 (최근접 거리 측정)	240m(동방파제)		80m(토도)		
제어도평가 (평균값)	타사용량	엔진사용량	여유 조타력	여유 기관 제어량	
	N/A	N/A	N/A	N/A	
운항자의 주관적평가	통항 안전성		접안 안전성		
	위험함		M/A		

<그림 4-44> 토도와 호란도 사이로 입항 중 정전상황 발생(2)
(우현 선미를 2 척의 예인선으로 밀어서 좌초를 회피 함)

4.2.6.3 부두 전면에서의 정전사태 발생의 경우

부산신항의 경우, 북컨부두와 남컨부두의 수역은 서로 연결되어 있는 비교적 여유가 있으므로 부두전면에서 조선 중에 정전상황이 발생하더라도 크게 곤란을 겪는 경우는 없을 것으로 판단된다. 선속이 과대하지 않고 부두에 대각도 접근이 아니라면 접안하는 반대현측 묘를 Short stay로 투묘하고, 예선을 선미 방향으로 당겨서 정지시키면 될 것이다.

부산신항의 컨테이너 부두배치는 부두의 동서쪽 끝단에 있는 부두를 제외하고는 선수부 및 선미부에 여유수역이 있고, 횡방향으로도 최소한 1.5L 이상 이격되어 있기 때문에 선속이 3노트 이상인 상태라도 선수미 예선을 잘 활용하고, 또한 선속이 2노트 이하에서는 투묘하여 인묘저항(引錨抵抗)을 이용하면 비상상황 하에서의 응급조선이 가능한 것으로 판단된다.

따라서 정전 상황이 발생하더라도 사고로 이어지지 않도록 하기 위해서는 충분한 여유를 두고 선속을 단계적으로 감속하여 최종단계에서는 선속이 2노트를 넘지 않도록 하고, 최소한 횡방향으로 2B 이상의 거리에서부터 부두와 평행상태를 만든 다음 안벽에 접근하는 것이 중요하다. 부두 끝단의 선석에 접안하는 경우는 접안 위치 도달시의 선속이 1노트를 넘지 않도록 하되 단계별로 점진적으로 감속하는 것이 필요하다.

제 5 장 결 론

컨테이너선박의 거대화 추세는 부산북항과 부산신항에서의 출입항 선박의 조선에 있어서 효율성과 안전성이 서로 상충하는 것이 아니라 상호 유기적인 관계로 인식된다고 하겠다. 따라서 선박의 안전성이 담보되는 범위 안에서 효율을 증대시키기 위해서는 선박이 항내수역을 점유하는 시간을 줄임으로써 안전성을 증대시킬 수 있다. 또한 선박의 대형화에 따른 항만수역의 협소화는 선박 상호간의 협조와 조화로운 운항의 중요성이 커지며, 항만관제실의 역할과 선박 간 통신의 중요성도 커짐에 주목해야 한다.

항만수역에서의 선박조종은 매우 주관적인 작업으로서 그 표준화, 정량화를 설정한다는 것은 매우 어려운 작업이지만, 본 연구에서는 부산북항과 부산신항에 있어서 접이안 작업의 난이도가 비교적 높은 부두를 몇 개 설정하여, 이 두 가지를 충족하는 가장 효율적이고 안전한 입출항 방법의 표준 조선법과 응급 조선법을 선박조종 시뮬레이터를 활용하여 제시하고자 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

표준 조선법으로 부산북항에 있어서는 신선대 5번 선석의 입선자세 접·이안 및 출선자세 접·이안 조선법에 대하여 6가지의 시나리오로 나누어 선박조종 시뮬레이션을 수행하였고, 감만부두 4번 선석 우현접·이안 및 좌현접·이안 조선법에 대해서는 4가지의 시나리오로 나누어 선박조종 시뮬레이션을 수행하여 그 결과들을 제시하였다.

부산신항에 대해서는 북측 컨테이너터미널 13번 선석의 접·이안 조선법에 대해서는 8가지의 시나리오로 나누어 선박조종 시뮬레이션을 수행하였으며, 북측 컨테이너터미널 8번 선석의 접·이안 조선법에 대해서는 8가지의 시나리오로 나누어 선박조종 시뮬레이션을 수행하였고, 남측 컨테이너터미널 8번 선석의 접·이안 조선법에 대해서는 8가지의 시나리오로 나누어 선박조종 시뮬레이션을 수

행하고 그 결과들을 제시하였다.

응급 조선법으로 부산북항에 있어서는 오류도 방파제 통과 직전 정전사태 발생의 경우 2가지 시나리오(F-1, F-2)에 대하여 비상상황 하에서의 선박조종 시뮬레이션을 수행하여 그 분석 결과들을 제시하였다.

부산신항에 있어서는 토도 서측 항로로 입항 중 정전상황이 발생한 경우에 예선 1척을 사용하고 있는 상황과 예선 2척을 사용하고 있는 경우(F-3, F-4)에 대하여 각각 응급 조선법을 기술하였고, 토도와 호란도 사이를 접근 통항 중에 정전상황이 발생한 경우에 대해서도 예선 1척을 사용하고 있는 상황과 예선 2척을 사용하고 있는 경우(F-5, F-6)에 대한 응급 조선법 등 4가지 시나리오에 대하여 기술하였다.

거대형 컨테이너선은 전진속력이 7노트 이상일 때, 예인선 한척만으로 위험 회피는 거의 불가능하고, 또 정전상황 발생시에 예인선을 2척 사용하는 경우 방파제와의 충돌사고를 충분히 회피할 수 있음을 시뮬레이션에서 확인할 수 있었다. 따라서 응급 조선법에서는 충분한 예인선 사용과 적절한 선속조절이 가장 중요한 요소임을 재확인할 수 있었다.

모든 선박조종 시뮬레이터가 실제상황과 정확히 일치하지 않는다는 것은 익히 아는 사실이지만 최소한 접·이안 방법에 따른 안전도와 효율성의 차이에 대한 비교를 해 볼 수 있다는데 그 의의를 찾아볼 수 있겠다. 시각적인 정보를 제공하지 못하는 2D 시뮬레이션의 한계와 시뮬레이터와 실선과의 성능상의 차이 등으로 인하여 나타나는 운항 시간상의 차이, 최신형 모델선박의 개발이 늦어져 현재 운항 중인 15,000 TEU급 이상 18,000 TEU급에 대한 연구가 미비한 점은 추후의 과제로 남는다. 특히 18,000 TEU급 Triple E Class 선박은 기존의 컨테이너선과 비교하여 선체의 구조형식뿐만 아니라 그 조종특성이 상당히 상이하므로 추후 심도 깊은 연구가 따라야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 부산항도선사협회, 부산신항 도선운용 계획 수립에 관한 기초 연구, 부산항도선사협회, 2004
- [2] 우병구, 선박조종과 도선, 해인출판사, 2002
- [3] 윤점동, 선박조종의 이론과 실무(조종론), 세종출판사, 2012
- [4] 윤점동, VLCC조종의 이론과 실무, 세종출판사, 2002
- [5] 윤점동, 국제해상충돌예방규칙 및 관련된 국내법규해설, 다솜출판사, 2010
- [6] 정태권 마린에듀텍 대표, 선교자원관리, 마린에듀텍, 2008
- [7] 한국해양대학교 마린에듀텍, 선박조종능력향상교육(Ship Handling Simulation Training Course), 2013
- [8] 한국해양수산연수원, SHIPHANDLING SIMULATION, 세종문화사, 1999
- [9] DAVID J. HOUSE, SHIP HANDLING, ELSEVIER(U.K), 2007
- [10] JEFF SLESINGER, SHIPHANDLING WITH 예선S, CMP(U.S.), 2008
- [11] KLASS VAN DOKKUM, SHIP KNOWLEDGE, DOKMAR (NERHERLANDS), 2008
- [12] PAUL R. WILLIAMSON, SHIP MANOEUVRING PRINCIPLES AND PILOTAGE, WITHERBY(U.K.), 2001